

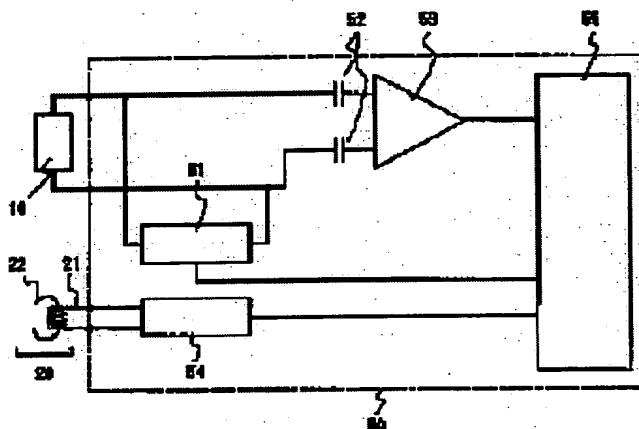
MAGNETIC RECORDING AND REPRODUCING APPARATUS

Patent number: JP10049837
Publication date: 1998-02-20
Inventor: NAKAMOTO KAZUHIRO; KAWATO YOSHIAKI; FUKUI HIROSHI; HOSHIYA HIROYUKI
Applicant: HITACHI LTD
Classification:
- **international:** G11B5/39
- **european:**
Application number: JP19960349306 19961227
Priority number(s):

Abstract of JP10049837

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a magnetic recording and reproducing apparatus less in malfunction, by controlling the amplitude and direction of leakage magnetic field of a medium, recording magnetic field generated by a recording element and bias magnetic field due to a current flowing into a reproducing element to the optimum condition.

SOLUTION: A recording and reproducing operation control circuit 55 controls the amplitude, direction and application timing of a bias current to detect an output signal and return the output signal coated for recording and reproduction to the original condition by controlling a constant current source 51 for applying a bias current to flow a current to the MR head 10 for reproduction. In this case, the output signal coated for recording and reproduction includes an error correction code and the reproduced information is compensated depending on such error correction code. If compensation is impossible, it is judged as error and the reproducing operation is repeated for several times within the predetermined number of times to expect for normal operation.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-49837

(43)公開日 平成10年(1998) 2月20日

(51)Int.Cl.⁸

G 1 1 B 5/39

識別記号

庁内整理番号

F I

G 1 1 B 5/39

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数21 O L (全 22 頁)

(21)出願番号 特願平8-349306

(22)出願日 平成8年(1996)12月27日

(31)優先権主張番号 特願平8-487

(32)優先日 平8(1996)1月8日

(33)優先権主張国 日本(J P)

(31)優先権主張番号 特願平8-136113

(32)優先日 平8(1996)5月30日

(33)優先権主張国 日本(J P)

(71)出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72)発明者 中本 一広

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 川戸 良昭

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 福井 宏

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(74)代理人 弁理士 小川 勝男

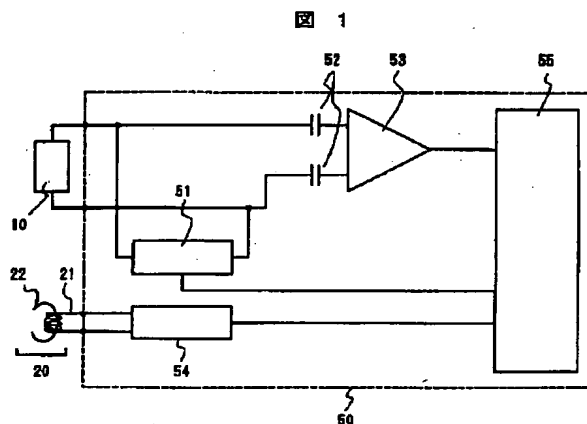
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 磁気記録再生装置

(57)【要約】

【課題】再生波形変動による再生の誤動作が起きても、MRヘッドの波形を正常な状態に戻す自己補正機能を持つ誤動作の少ない磁気記録再生装置を提供する。

【解決手段】本発明の磁気記録再生装置は、MRヘッド、定電流源、再生信号処理回路、記録再生動作コントローラを有し、MRヘッドの再生信号を再生信号処理回路に通して論理的に正しいかどうか判定し、誤りがあった場合には、MRヘッドに通常の再生時に流しているセンス電流よりも大きな値の復帰電流を印加後、所定のセンス電流に戻して再生動作を行うように記録再生動作のコントローラ、定電流源をプログラミングしたものである。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】情報を媒体に磁氣的に記録するため、磁束を発生させるコイルと前記磁束を集める一対の磁気コアとを有した誘導型記録素子と、
情報が記録された媒体から漏洩する磁界の変化を電気信号に変換するため、磁気抵抗効果膜と該磁気抵抗効果膜に電氣的に接合する一対の電極とを有した磁気抵抗効果型再生素子と、
前記記録素子のコイルに記録電流を印加する記録電流印加手段と、
前記再生素子の出力信号を検知する手段と、
前記再生素子にバイアス磁界を印加するバイアス磁界印加手段と、
前記再生素子からの出力信号に基づいて情報を再生すると共に、入力された信号に基づいて前記記録電流を印加する手段を制御することで情報を記録する記録再生動作制御手段と、を備え、
前記記録再生動作制御手段は、前記再生素子に媒体から漏洩する磁界が印加されている状態で、前記バイアス磁界を変動させる前記バイアス磁界印加手段を制御する安定化手段を有することを特徴とする磁気記録再生装置。
【請求項2】情報を媒体に磁氣的に記録するため、磁束を発生させるコイルと前記磁束を集める一対の磁気コアとを有した誘導型記録素子と、
情報が記録された媒体から漏洩する磁界の変化を電気信号に変換するため、磁気抵抗効果膜と該磁気抵抗効果膜に電氣的に接合する一対の電極とを有した磁気抵抗効果型再生素子と、
前記記録素子のコイルに記録電流を印加する記録電流印加手段と、
前記再生素子の出力信号を検知する手段と、
前記再生素子にバイアス電流を印加するバイアス電流印加手段と、
前記再生素子からの出力信号に基づいて情報を再生すると共に、入力された信号に基づいて前記記録電流を印加する手段を制御することで情報を記録する記録再生動作制御手段と、を備え、
前記記録再生動作制御手段は、前記再生素子に媒体から漏洩する磁界が印加されている状態で、前記再生素子のバイアス電流を変動させる前記バイアス電流印加手段を制御する安定化手段を有する磁気記録再生装置。
【請求項3】情報を媒体に磁氣的に記録するため、磁束を発生させるコイルと前記磁束を集める一対の磁気コアとを有した誘導型記録素子と、
情報が記録された媒体から漏洩する磁界の変化を電気信号に変換するため、磁気抵抗効果膜と該磁気抵抗効果膜に電氣的に接合する一対の電極とを有した磁気抵抗効果型再生素子と、
前記誘導型記録素子と前記磁気抵抗効果型再生素子を含む記録再生ヘッドと、

2

前記記録素子のコイルに記録電流を印加する記録電流印加手段と、
前記再生素子の出力信号を検知する手段と、
前記再生素子にバイアス電流を印加するバイアス電流印加手段と、
前記再生素子からの出力信号に基づいて情報を再生すると共に、入力された信号に基づいて前記記録電流を印加する手段を制御することで情報を記録する記録再生動作制御手段と、を備え、
前記記録再生動作制御手段は、情報を記録する際、前記コイルに記録電流を印加しながら前記再生素子のバイアス電流を変動させる前記バイアス電流印加手段を制御する安定化手段とからなる磁気記録再生装置。
【請求項4】情報を媒体に磁氣的に記録するため、磁束を発生させるコイルと前記磁束を集める一対の磁気コアとを有した誘導型記録素子と、
情報が記録された媒体から漏洩する磁界の変化を電気信号に変換するため、磁気抵抗効果膜と該磁気抵抗効果膜に電氣的に接合する一対の電極とを有した磁気抵抗効果型再生素子と、
前記誘導型記録素子と前記磁気抵抗効果型再生素子を含む記録再生ヘッドと、
前記記録素子のコイルに記録電流を印加する記録電流印加手段と、
前記再生素子の出力信号を検知する手段と、
前記再生素子にバイアス電流を印加するバイアス電流印加手段と、
前記再生素子からの出力信号に基づいて情報を再生すると共に、入力された信号に基づいて前記記録電流を印加する手段を制御することで情報を記録する記録再生動作制御手段と、
前記記録再生ヘッドの媒体に対する相対位置を決定する位置決め機構と、
該位置決め機構を制御する手段と、
前記位置決め機構を制御する手段に備えられ、媒体上にあつて情報を記録する領域とは別のヘッド回復領域が存在する位置に前記記録再生ヘッドを移動させるように制御する手段と、を備え、
前記記録再生動作制御手段は、前記記録再生ヘッドが前記ヘッド回復領域上にあるときに、前記記録素子のコイルに記録電流を印加しながら前記再生素子のバイアス電流を変動させる前記バイアス電流印加手段を制御する安定化手段とからなる磁気記録再生装置。
【請求項5】前記再生素子に流す前記バイアス電流印加手段が、通常の再生動作時の方向と同方向、及び逆方向の双方向に流すことができる請求項1～4のいずれかに記載の磁気記録再生装置。
【請求項6】前記記録再生動作制御手段がエラー判定手段を含んでおり、該記録再生動作制御手段が、前記安定化処理の最初に通常の再生動作時の方向と同方向で値が

3

通常よりも大きなバイアス電流を印加するように制御し、次いでエラー判定を行い、その結果エラーと判定された場合には前記バイアス電流とは逆方向のバイアス電流を印加するように制御する一連の前記動作を、一回または複数回行うように制御する安定化手段を含む請求項 1～5 のいずれかに記載の磁気記録再生装置。

【請求項 7】情報を媒体に磁氣的に記録するため、磁束を発生させるコイルと前記磁束を集める一対の磁気コアとを有した誘導型記録素子と、
情報が記録された媒体から漏洩する磁界の変化を電気信号に変換するため、磁気抵抗効果膜と該磁気抵抗効果膜に電氣的に接合する一対の電極とを有した磁気抵抗効果型再生素子と、を含む記録再生ヘッドと、
前記記録素子のコイルに記録電流を印加する記録電流印加手段と、
前記再生素子の出力信号を検知する手段と、
前記再生素子からの出力信号に基づいて情報を再生すると共に、入力された信号に基づいて前記記録電流を印加する手段を制御することで情報を記録する記録再生動作制御手段と、を備え、
前記再生素子の磁気抵抗効果膜が、前記情報が記録された媒体から漏洩する磁界により磁化方向が変化する第一の強磁性膜と、磁化方向が固定された第二の強磁性膜と、前記第一の強磁性膜と第二の強磁性膜との間に挿入された非磁性導体膜とからなる積層構造を持ち、前記第一の強磁性膜の磁化方向と第二の強磁性膜の磁化方向とのなす角度の変化に応じて抵抗が変化する巨大磁気抵抗効果膜であり、
前記記録再生動作制御手段が、前記記録素子のコイルに印加する記録電流の極性を記録動作終了時に一方向に固定するように前記記録電流印加手段を制御する安定化手段を含む磁気記録再生装置。

【請求項 8】前記記録再生動作制御手段が、前記第二の強磁性膜の磁化方向と媒体対向面に垂直な方向の成分と、前記記録動作終了時に前記再生素子に印加される前記記録素子の作り出す磁界の媒体対向面に垂直な方向の成分とが互いに平行すなわち同一符号となるように、前記記録素子のコイルに印加する記録電流の極性を制御する安定化手段を含む請求項 7 記載の磁気記録再生装置。

【請求項 9】情報を媒体に磁氣的に記録するため、磁束を発生させるコイルと前記磁束を集める一対の磁気コアとを有した誘導型記録素子と、
情報が記録された媒体から漏洩する磁界の変化を電気信号に変換するため、磁気抵抗効果膜と該磁気抵抗効果膜に電氣的に接合する一対の電極とを有した磁気抵抗効果型再生素子と、を含む記録再生ヘッドと、前記記録素子のコイルに記録電流を印加する記録電流印加手段と、
前記再生素子の出力信号を検知する手段と、
前記再生素子からの出力信号に基づいて情報を再生すると共に、入力された信号に基づいて前記記録電流を印加

4

する手段を制御することで情報を記録する記録再生動作制御手段と、
前記記録再生ヘッドの媒体に対する相対位置を決定する位置決め機構と、
該位置決め機構を制御する手段と、を備え、
前記再生素子の磁気抵抗効果膜が、前記情報が記録された媒体から漏洩する磁界により磁化方向が変化する第一の強磁性膜と、磁化方向が固定された第二の強磁性膜と、前記第一の強磁性膜と第二の強磁性膜との間に挿入された非磁性導体膜とからなる積層構造を持ち、前記第一の強磁性膜の磁化方向と第二の強磁性膜の磁化方向とのなす角度の変化に応じて抵抗が変化する巨大磁気抵抗効果膜であり、
前記位置決め機構を制御する手段が、媒体上にあつて情報を記録する領域とは別のヘッド回復領域が存在する位置に前記記録再生ヘッドを移動させるように制御する手段を含んでおり、
前記記録電流印加手段が、前記記録素子のコイルに交流または直流の記録電流を印加する手段を含んでおり、
前記記録再生動作制御手段が、前記記録再生ヘッドが前記ヘッド回復領域上にあるときに、前記記録素子のコイルに交流の記録電流を印加する場合は該記録電流の終了時における極性を一方向に固定するように設定し、前記コイルに直流の記録電流を印加する場合は該記録電流の極性を一方向に固定するように設定することで、前記コイルに印加する記録電流の極性が記録動作終了時に一方向となるように前記記録電流印加手段を制御する安定化手段を含む磁気記録再生装置。

【請求項 10】前記記録再生動作制御手段が、前記第二の強磁性膜の磁化方向の媒体対向面に垂直な方向の成分と、前記記録再生ヘッドが前記ヘッド回復領域上にあるときの前記記録動作のうち、その終了時に前記再生素子に印加される前記記録素子の作り出す磁界の媒体対向面に垂直な方向の成分とが互いに平行すなわち同一符号となるように、前記記録素子のコイルに印加する記録電流の極性を制御する安定化手段を含む請求項 9 記載の磁気記録再生装置。

【請求項 11】情報を媒体に磁氣的に記録するため、磁束を発生させるコイルと前記磁束を集める一対の磁気コアとを有した誘導型記録素子と、
情報が記録された媒体から漏洩する磁界の変化を電気信号に変換するため、磁気抵抗効果膜と該磁気抵抗効果膜に電氣的に接合する一対の電極とを有した磁気抵抗効果型再生素子と、
前記記録素子のコイルに記録電流を印加する記録電流印加手段と、
前記再生素子の出力信号を検知する手段と、
前記再生素子にバイアス電流を印加することでバイアス磁界を印加するバイアス電流印加手段と、
前記再生素子からの出力信号に基づいて情報を再生する

と共に、入力された信号に基づいて前記記録電流を印加する手段を制御することで情報を記録する記録再生動作制御手段と、を備え、
 前記再生素子の磁気抵抗効果膜が、前記情報が記録された媒体から漏洩する磁界により磁化方向が変化する第一の強磁性膜と、磁化方向が固定された第二の強磁性膜と、前記第一の強磁性膜と第二の強磁性膜との間に挿入された非磁性導体膜とからなる積層構造を持ち、前記第一の強磁性膜の磁化方向と第二の強磁性膜の磁化方向とのなす角度の変化に応じて抵抗が変化する巨大磁気抵抗効果膜であり、
 前記記録再生動作制御手段が、前記再生素子に媒体から漏洩する磁界が印加されている状態で、前記第一の強磁性膜に前記バイアス電流の一部が流れることで発生し前記第二の強磁性膜に印加される磁界の方向が、前記第二の強磁性膜の磁化の方向と等しくなるように前記バイアス電流の方向を制御する安定化手段を含む磁気記録再生装置。
 【請求項 1 2】情報を媒体に磁気的に記録するため、磁束を発生させるコイルと前記磁束を集める一対の磁気コアとを有した誘導型記録素子と、
 情報が記録された媒体から漏洩する磁界の変化を電気信号に変換するため、磁気抵抗効果膜と該磁気抵抗効果膜に電気的に接合する一対の電極とを有した磁気抵抗効果型再生素子と、を含む記録再生ヘッドと、
 前記記録素子のコイルに記録電流を印加する記録電流印加手段と、前記再生素子の出力信号を検知する手段と、前記再生素子にバイアス電流を印加することでバイアス磁界を印加するバイアス電流印加手段と、
 前記再生素子からの出力信号に基づいて情報を再生すると共に、入力された信号に基づいて前記記録電流を印加する手段を制御することで情報を記録する記録再生動作制御手段とを有しており、
 前記再生素子の磁気抵抗効果膜が、前記情報が記録された媒体から漏洩する磁界により磁化方向が変化する第一の強磁性膜と、磁化方向が固定された第二の強磁性膜と、前記第一の強磁性膜と第二の強磁性膜との間に挿入された非磁性導体膜とからなる積層構造を持ち、前記第一の強磁性膜の磁化方向と第二の強磁性膜の磁化方向とのなす角度の変化に応じて抵抗が変化する巨大磁気抵抗効果膜であり、
 前記記録再生動作制御手段が、情報を記録する際、前記コイルに記録電流を印加した状態で、前記第一の強磁性膜に前記バイアス電流の一部が流れることで発生し、前記第二の強磁性膜に印加される磁界の方向が、前記第二の強磁性膜の磁化の方向と等しくなるように前記記録電流印加手段と前記バイアス電流印加方向を制御する安定化手段を含む磁気記録再生装置。
 【請求項 1 3】前記記録再生動作制御手段が、前記第二の強磁性膜の磁化方向と媒体対向面に垂直な方向の成分

と、前記記録動作終了時に前記再生素子に印加される前記記録素子の作り出す磁界の媒体対向面に垂直な方向の成分とが互いに平行すなわち同一符号となるように、前記記録素子のコイルに印加する記録電流の極性を制御する安定化手段を含む請求項 1 2 記載の磁気記録再生装置。
 【請求項 1 4】情報を媒体に磁気的に記録するため、磁束を発生させるコイルと前記磁束を集める一対の磁気コアとを有した誘導型記録素子と、
 情報が記録された媒体から漏洩する磁界の変化を電気信号に変換するため、磁気抵抗効果膜と該磁気抵抗効果膜に電気的に接合する一対の電極とを有した磁気抵抗効果型再生素子と、を含む記録再生ヘッドと、
 前記記録素子のコイルに記録電流を印加する記録電流印加手段と、
 前記再生素子の出力信号を検知する手段と、
 前記再生素子にバイアス電流を印加することでバイアス磁界を印加するバイアス電流印加手段と、
 前記再生素子からの出力信号に基づいて情報を再生すると共に、入力された信号に基づいて前記記録電流を印加する手段を制御することで情報を記録する記録再生動作制御手段と、
 前記記録再生ヘッドの媒体に対する相対位置を決定する位置決め機構と、
 該位置決め機構を制御する手段とを有しており、
 前記再生素子の磁気抵抗効果膜が、前記情報が記録された媒体から漏洩する磁界により磁化方向が変化する第一の強磁性膜と、磁化方向が固定された第二の強磁性膜と、前記第一の強磁性膜と第二の強磁性膜との間に挿入された非磁性導体膜とからなる積層構造を持ち、前記第一の強磁性膜の磁化方向と第二の強磁性膜の磁化方向とのなす角度の変化に応じて抵抗が変化する巨大磁気抵抗効果膜であり、
 前記位置決め機構を制御する手段が、媒体上にあつて情報を記録する領域とは別のヘッド回復領域が存在する位置に前記記録再生ヘッドを移動させるように制御する手段を含んでおり、
 前記記録再生動作制御手段が、前記記録再生ヘッドが前記ヘッド回復領域上にあるときに、前記コイルに記録電流を印加した状態で、前記第一の強磁性膜に前記バイアス電流の一部が流れることで発生し前記第二の強磁性膜に印加される磁界の方向が、前記第二の強磁性膜の磁化の方向と等しくなるように前記記録電流印加手段と前記バイアス電流印加方向を制御する安定化手段を含む磁気記録再生装置。
 【請求項 1 5】前記記録再生動作制御手段が、前記第二の強磁性膜の磁化方向の媒体対向面に垂直な方向の成分と、前記記録再生ヘッドが前記ヘッド回復領域上にあるときの前記記録動作のうち、その終了時に前記再生素子に印加される前記記録素子の作り出す磁界の媒体対向面

に垂直な方向の成分とが互いに平行である同一符号となるように、前記記録素子のコイルに印加する記録電流の極性を制御する安定化手段を含む請求項 14 記載の磁気記録再生装置。

【請求項 16】前記安定化処理を前記再生素子に印加するバイアス電流の絶対値を通常の再生動作時に流す所定の値よりも大きくする請求項 1～15 のいずれかに記載の磁気記録再生装置。

【請求項 17】前記バイアス電流印加手段が前記再生素子の出力信号を検知する検知電流印加手段を兼ねること 10 で、前記バイアス電流が前記検知電流を兼ねている請求項 1～16 のいずれかに記載の磁気記録再生装置。

【請求項 18】前記バイアス電流の絶対値を通常の再生動作時に印加している所定の値の 1.1～5 倍とする請求項 1～17 のいずれかに記載の磁気記録再生装置。

【請求項 19】情報を媒体に磁気的に記録するため、磁束を発生させるコイルと前記磁束を集める一対の磁気コアとを有した誘導型記録素子と、
情報が記録された媒体から漏洩する磁界の変化を電気信号に変換するため、磁気抵抗効果膜と該磁気抵抗効果膜 20 に電気的に接合する一対の電極とを有し、非磁性金属層によって仕切られた強磁性体の第一及び第二磁性層と該磁性層のいずれかに接して設けられた反強磁性層とを有し、印加磁界がゼロである場合に前記強磁性体の第一磁性層の磁化方向が、前記第二磁性層の磁化方向に対し直交する方向である磁気抵抗効果型再生素子と、
前記記録素子のコイルに記録電流を印加する記録電流印加手段と、

前記再生素子の出力信号を検知する手段と、

前記再生素子にバイアス磁界を印加するバイアス磁界印 30 加手段と、

前記再生素子からの出力信号に基づいて情報を再生すると共に、入力された信号に基づいて前記記録電流を印加する手段を制御することで情報を記録する記録再生動作制御手段と、を備え、

前記記録再生動作制御手段は、前記再生素子に媒体から漏洩する磁界が印加されている状態で、前記バイアス磁界を変動させる前記バイアス磁界印加手段を制御する安定化手段を有することを特徴とする磁気記録再生装置。

【請求項 20】前記磁気抵抗効果型再生素子は前記第二 40 磁性層の磁化方向を固定する手段を有する請求項 19 に記載の磁気記録再生装置。

【請求項 21】情報を媒体に磁気的に記録するための記録ヘッドと、情報が記録された媒体から漏洩する磁界の変化を電圧の変化即ち電気信号に変換する再生ヘッドと、再生信号を処理するための回路と、記録再生動作を制御する回路とを備えており、

前記記録ヘッドが、磁束を発生させるためのコイルと、前記磁束を集めるための一対の磁気コアとを有する誘導型ヘッドであり、前記再生ヘッドが、単層または多層か 50

らなる磁気抵抗効果膜と、前記該磁気抵抗効果膜に電気的に接合する一対の電極とを有する磁気抵抗効果型ヘッドである磁気記録再生装置において、

再生動作時に誤動作が生じた際に、媒体上において情報を記録するセクターとは別の専用のセクターにおいて、前記記録ヘッドのコイルに交流または直流の電流を印加する機構を持ち、前記記録ヘッドに前記交流または直流の電流を印加する際、前記磁気抵抗効果型ヘッドのバイアス磁界を変動させることを特徴とする磁気記録再生装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、異方性磁気抵抗効果型再生ヘッド、もしくは巨大磁気抵抗効果型再生ヘッドを搭載した磁気記録再生装置に関し、特に再生時の再生波形変動による誤動作を抑制する装置に関する。

【0002】

【従来の技術】磁気記録再生装置は、情報を磁気的に記録する媒体と、情報を媒体に記録するための記録素子と、媒体から漏洩する磁界の変化を電気信号に変換する再生素子と、再生素子の出力信号を検知するための手段と、記録再生動作を制御するための手段と、記録・再生素子の媒体に対する位置を決定する位置決め手段とを備えている。ここで媒体には円板やテープが知られており、円板の中には装置に予め組み込まれているものと可換性のものとが存在する。

【0003】また記録素子と再生素子とは一体となるように積層して形成され、記録再生用複合ヘッドとして用いられることが多い。磁気記録再生装置の一つの形態である磁気ディスク装置では、単数もしくは複数のディスク上にある所望のトラック上に記録再生ヘッドを移動させて、ディスクへ情報を記録するまたはディスクからの情報を再生している。記録再生ヘッドの位置決め機構としては、ボイスコイルモータを用いたロータリーアクチュエータが広く用いられている。これはディスクの外に回転軸を持っており、先端部に配置された記録再生ヘッドをディスク上で旋回させることによって所望の位置に移動させる機構である。

【0004】さて記録素子には、磁束を発生させるためのコイルと、前記磁束を集めるための一対の磁気コアとを有する誘導型素子が主に使用されている。ここで記録動作は、前記コイルにパルス状の記録電流を流して、記録素子の作り出す磁界を媒体に印加することによって行われている。再生素子には、磁気抵抗効果 (MR ; Magnetoresistive) 膜と、前記 MR 膜に電気的に接合する一対の電極とを有する MR 素子が用いられている。MR 素子は、従来から知られている異方性磁気抵抗効果 (AMR ; Anisotropic Magnetoresistive) を用いた AMR 素子と、巨大磁気抵抗効果 (GMR ; Giant Magnetoresistive) を用いた GMR 素子に大別できる。GMR 素子の

一つの形が、特開平4-358310号に示されているスピンバルブ素子である。GMR素子を用いたヘッドは現在はまだ製品化されていないが、AMR素子を用いたヘッドよりも高感度なため、次世代以降の素子として検討が進められている。

【0005】AMR素子は、良く知られているように、磁界により電気抵抗が変化する異方性磁気抵抗効果（AMR）膜を有する素子で、AMR膜に一定電流を印加した場合には電圧の変化が出力信号となり、一定電圧を印加した場合には電流の変化が出力信号となる。AMR膜は単独で電気抵抗が変化するが、印加磁界と電気抵抗とは比例関係にない。そこで印加磁界と出力信号との線形性を良くするために、AMR膜の付近に軟磁性膜（SAL: Soft Adjacent Layer）や、導体のバイアス膜を積層して配置する構成をとることが多い。SALはAMR膜にバイアス電流が流れることで発生する磁界を受けて磁化され、この磁化の作る磁界をAMR膜にバイアス磁界として印加する働きを持つ。導体のバイアス膜は自身にバイアス電流が流れることによって磁界を発生し、これをAMR膜にバイアス磁界として印加する働きを持つ。いずれの構成によっても、バイアス電流をAMR素子に流すことによってAMR膜にバイアス磁界が印加され、AMR膜の特性のうち線形性の高い部分の利用を可能にしている。

【0006】一方GMR素子は、媒体から漏洩する磁界により磁化方向が変化する第一の強磁性膜と、磁化方向が固定された第二の強磁性膜と、前記第一の強磁性膜と第二の強磁性膜との間に挿入された非磁性導体膜とからなる積層構造のGMR膜を有する素子で、第一の強磁性膜の磁化方向と第二の強磁性膜の磁化方向とのなす角度の変化に応じて電気抵抗が変化する。第二の強磁性膜はその磁化方向を固定する反強磁性膜もしくは永久磁石膜に積層されていることが多い。GMR素子において線形性が最も良いのは、第一の強磁性膜と第二の強磁性膜の磁化方向が直交状態にあるときである。GMR素子の場合もAMR素子の場合と同様に、素子に定電流または定電圧の電流を印加することによって再生信号を検知する。このとき、検知電流の一部が非磁性導体膜、第二の強磁性膜、第二の強磁性膜の磁化方向を固定する反強磁性膜もしくは永久磁石膜を流れることによって磁界が発生し、これが第一の強磁性膜にバイアス磁界として印加される。従って第一の強磁性膜の磁化方向は変化する。このようにAMR素子とGMR素子の動作原理は異なるが、共に再生動作時にMR膜に流すバイアス電流（検知電流を兼ねることが多い）によってバイアス磁界が印加され、MR膜の磁化を回転させている点は同じである。

【0007】また各MR素子の各磁性層、特にAMR素子を構成するAMR膜とSAL、およびGMR素子を構成する第一の強磁性膜は、磁気的なノイズを抑制したり印加された磁界と出力信号との線形性を確保するため

に、単一の磁区状態にあることが望ましい。これを実現する一つの方法として、各MR素子のトラック方向の両端部に永久磁石もしくは軟磁性膜と反強磁性膜との積層膜からなる磁区制御層を隣接して配置し、磁区制御層の発生する磁界によって単一の磁区状態を誘導する方法が知られている。また、AMR素子のAMR膜や、GMR素子の第一の強磁性膜のトラック幅方向の両端部領域上に反強磁性膜を直接積層することでこの領域を単一の磁区に保ち、AMR膜、第一の強磁性膜のうち中央領域にある検知部（一对の電極に挟まれ、磁界の変化を電気信号に変換する領域）を単一の磁区状態に誘導する方法も知られている。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】記録用の誘導型素子と、再生用のMR素子とを含む記録再生ヘッドを搭載した従来の磁気記録再生装置においては、記録動作の前後で再生波形の出力が大幅に低くなったり、再生波形の形状が大きく変化し（これらをまとめて再生波形変動と呼ぶことにする）、その結果として磁気記録再生装置が再生動作時に誤動作してしまうことがあった。通常このような場合には、再生動作を所定の回数内で何度か繰り返し行い、正常に動作することを期待する。ところがそれでもなお誤動作を続け、補正が不可能な場合もあった。

【0009】前記の再生波形変動は記録動作の前後で起こることから、記録素子の作り出す磁界がMR素子に作用していることが推測できた。通常MR素子においてMR膜は、その磁気的なノイズを抑制するために、単一の磁区状態に保たれている。ところが再生波形変動を起こしたMR素子においては、MR膜は単一の磁区状態ではないことがわかった。これは、記録素子の作り出す磁界によってMR膜の単一磁区状態が崩れたと考えることができる。

【0010】本発明の目的は、再生波形の変動により再生動作時に誤動作が起きても、MR素子の波形を元の正常な状態に戻す自己補正機能を持つ磁気記録再生装置を提供することである。

【0011】本発明の他の目的は、前記自己補正機能を備えることによって誤動作の少ない磁気記録再生装置を提供することである。

【0012】

【課題を解決するための手段】前記本発明の目的を達成するために、本発明の磁気記録再生装置では、磁束を発生させるコイルと前記磁束を集める一对の磁気コアとを有した誘導型記録素子と、磁気抵抗効果膜と磁気抵抗効果型再生素子と、記録素子のコイルに記録電流を印加する記録電流印加手段と、再生素子の出力信号を検知する手段と、再生素子にバイアス磁界を印加するバイアス磁界印加手段と、再生素子からの出力信号に基づいて情報を再生すると共に、入力された信号に基づいて記録電

11

流を印加する手段を制御することで情報を記録する記録再生動作制御手段とを有しており、記録再生動作制御手段が、再生素子に媒体から漏洩する磁界が印加されている状態で、バイアス磁界を変動させるものであり、好ましくはその絶対値を通常の再生動作時よりも大きくするようにバイアス磁界印加手段を制御するという安定化手段を持ち、正常な状態に復帰した後に磁気抵抗効果型ヘッドのバイアス磁界を再生時の磁界に戻して再生動作するように構成したものである。

【0013】本発明におけるバイアス磁界を変動させる方法として以下の方法がある。

【0014】(1) バイアス電流又は磁界の供給をオンオフさせる。

【0015】(2) バイアス電流をゼロから再生時の値まで変動させる。

【0016】(3) バイアス電流を再生時の値に対してそれより高い値に変動させる。

【0017】(4) バイアス電流をゼロから再生時の値に変動させたり、再生時の値から再生時の値より高い値に変動させる。

【0018】(5) バイアス電流の方向を逆転させる。

【0019】これらの変動させる方法は(1)～(5)をいくつか組合せて行うことができる。

【0020】磁気抵抗効果型再生素子の安定化手段を持つ磁気記録再生装置のうち、再生素子にバイアス電流を印加することでバイアス磁界印加手段を持つ装置では、バイアス磁界を変動させるものであり、好ましくはそれを大きくするために、バイアス電流を変動させるものであり、好ましくはその絶対値が通常の再生動作時よりも大きくなるようにバイアス電流印加手段を制御するという安定化手段を持ち、正常な状態に復帰した後に、バイアス電流を再生時の値に戻して再生動作する構成にするものである。

【0021】また記録素子と再生素子とが一体となった記録再生ヘッドを含んだ磁気記録再生装置では、情報を記録する際、コイルに記録電流を印加しながらバイアス電流を変動させ、好ましくはその絶対値を通常よりも大きくするように、記録電流印加手段とバイアス電流印加手段とを制御するという安定化手段を含む構成にすることができる。

【0022】さらに、記録再生ヘッドの媒体に対する相対位置を決定する位置決め手段を有し、媒体上にあって情報を記録する領域とは別のヘッド回復領域を有する磁気記録再生装置では、記録再生ヘッドがヘッド回復領域にあるときに、コイルに記録電流を印加しながらバイアス電流を変動させることにあり、好ましくはその絶対値を通常よりも大きくするように、記録電流印加手段とバイアス電流印加手段を制御するという安定化手段を含む構成にすることができる。

【0023】前記各磁気記録再生装置では、バイアス電

12

流について通常の再生動作時の方向と同方向、及び逆方向の双方向に流すことのできるバイアス電流印加手段を付加した構成にすることができる。

【0024】さらに前記各磁気記録再生装置のうち、記録再生動作制御手段がエラー判定手段を含む装置では、記録再生動作制御手段について、安定化処理の最初に通常の再生動作時の方向と同方向で値が通常よりも大きなバイアス電流を印加するように制御し、次いでエラー判定を行い、その結果エラーと判定された場合にはバイアス電流とは逆方向のバイアス電流を印加するように制御するという一連の前記動作を、一回または複数回行うように制御するという安定化手段を付加した構成にすることができる。

【0025】また本発明は、再生素子の磁気抵抗効果膜が、磁界により磁化方向が変化する第一の強磁性膜と磁化方向が固定された第二の強磁性膜と第一の強磁性膜と第二の強磁性膜との間に挿入された非磁性導体膜とからなる積層構造を持ち、第一の強磁性膜の磁化方向と第二の強磁性膜の磁化方向とのなす角度の変化に応じて抵抗が変化する巨大磁気抵抗効果膜である磁気記録再生装置において、記録再生動作制御手段が、記録素子のコイルに印加する記録電流の極性を記録動作終了時に一方向に固定するように記録電流印加手段を制御するという安定化手段を持つように構成することを提案するものである。

【0026】より具体的には、記録再生動作制御手段が、第二の強磁性膜の磁化方向の媒体対向面に垂直な方向の成分と、記録動作終了時に再生素子に印加される記録素子の作り出す磁界の媒体対向面に垂直な方向の成分とが互いに平行すなわち同一符号となるように、記録素子のコイルに印加する記録電流の極性を制御するという安定化手段を持つように構成することを提案するものである。

【0027】再生素子の磁気抵抗効果膜が巨大磁気抵抗効果膜である磁気記録再生装置で、記録再生ヘッドの媒体に対する相対位置を決定する位置決め手段を有し、媒体上にあって情報を記録する領域とは別のヘッド回復領域を有する装置では、記録再生ヘッドがヘッド回復領域にあるときに、記録素子のコイルに交流の記録電流を印加する場合は記録電流の終了時における極性を一方向に固定するように設定し、直流の記録電流を印加する場合は記録電流の極性を一方向に固定するように設定することで、コイルに印加する記録電流の極性が記録動作終了時に一方向となるように記録電流印加手段を制御するという安定化手段を含む構成にすることができる。

【0028】より具体的には、第二の強磁性膜の磁化方向の媒体対向面に垂直な方向の成分と、記録再生ヘッドがヘッド回復領域上にあるときの記録動作のうち、その終了時に再生素子に印加される記録素子の作り出す磁界の媒体対向面に垂直な方向の成分とが互いに平行すなわ

ち同一符号となるように、記録素子のコイルに印加する記録電流の極性を制御するという安定化手段を含む構成にすることができる。再生素子の磁気抵抗効果膜が巨大磁気抵抗効果膜である磁気記録再生装置では、再生素子に媒体から漏洩する磁界が印加されている状態で、第一の強磁性膜にバイアス電流の一部が流れることで発生し第二の強磁性膜に印加される磁界の方向が、第二の強磁性膜の磁化の方向と等しくなるようにバイアス電流の方向を制御するという安定化手段を含む構成にすることができる。

【0029】再生素子の磁気抵抗効果膜が巨大磁気抵抗効果膜である磁気記録再生装置で、記録素子と再生素子とが一体となった記録再生ヘッドを含んだ磁気記録再生装置では、情報を記録する際、コイルに記録電流を印加している状態で、第一の強磁性膜にバイアス電流の一部が流れることで発生し第二の強磁性膜に印加される磁界の方向が、第二の強磁性膜の磁化の方向と等しくなるように記録電流印加手段とバイアス電流印加方向とを制御するという安定化手段を含む構成にすることができる。

【0030】前記構成の装置にはさらに、第二の強磁性膜の磁化方向の媒体対向面に垂直な方向の成分と、記録動作終了時に再生素子に印加される記録素子の作り出す磁界の媒体対向面に垂直な方向の成分とが互いに平行すなわち同一符号となるように、記録素子のコイルに印加する記録電流の極性を制御するという安定化手段を付加することができる。

【0031】また再生素子の磁気抵抗効果膜が巨大磁気抵抗効果膜である磁気記録再生装置で、記録再生ヘッドの媒体に対する相対位置を決定する位置決め手段を有し、媒体上にあつて情報を記録する領域とは別のヘッド回復領域を有する装置では、記録再生ヘッドがヘッド回復領域にあるときに、コイルに記録電流を印加した状態で、第一の強磁性膜にバイアス電流の一部が流れることで発生し第二の強磁性膜に印加される磁界の方向が、第二の強磁性膜の磁化の方向と等しくなるように記録電流印加手段とバイアス電流印加方向を制御するという安定化手段を含む構成にすることができる。

【0032】前記構成の装置にはさらに、第二の強磁性膜の磁化方向の媒体対向面に垂直な方向の成分と、記録動作終了時に再生素子に印加される記録素子の作り出す磁界の媒体対向面に垂直な方向の成分とが互いに平行すなわち同一符号となるように、記録素子のコイルに印加する記録電流の極性を制御するという安定化手段を付加することができる。

【0033】巨大磁気抵抗効果膜を含む再生素子を持った前記各磁気記録再生装置のうち、バイアス電流印加手段を制御する手段を持つ各装置では、安定化処理中に再生素子に印加するバイアス電流の絶対値を、通常の再生時に流す所定の値よりも大きくするようにバイアス電流印加手段を制御するという安定化手段を付加することが

できる。

【0034】前記各磁気記録再生装置では、バイアス電流印加手段が再生素子の出力信号を検知する検知電流の印加手段を兼ねることで、バイアス電流が検知電流を兼ねるという構成をとることができる。

【0035】また安定化処理中のバイアス電流の絶対値に関して、通常の再生動作時に印加している所定の値の1.1~5倍好ましくは2.5倍以上となるようにバイアス電流印加手段を制御するという手段を付加することができる。

【0036】本発明に係る磁気抵抗効果型素子は、非磁性金属層によって仕切られた強磁性体の第一及び第二磁性層と該磁性層のいずれかに接して設けられた反強磁性層とを有し、印加磁界がゼロである場合に前記強磁性体の第一磁性層の磁化方向が、前記第二磁性層の磁化方向に対し直交する方向であり、前記第二磁性層の磁化方向を固定する手段を有する場合又は有しない場合と、前記磁気抵抗センサに電流を生じさせる手段と、前記磁気抵抗センサによって検知される磁界の関数として、前記第一磁性層の磁化の回転によって生じる電気抵抗変化を検知する手段とを有するものである。

【0037】更に、前述の素子は以下の要件を有するのが好ましい。

【0038】前記強磁性体の第二磁性層の磁化方向を固定する前記手段が、前記強磁性体の第一磁性層よりも高い飽和保磁力を有する前記強磁性体の第二磁性層であること。

【0039】前記強磁性体の第二磁性層の磁化方向を固定する前記手段が、前記強磁性体の第二磁性層に直接に接触する反強磁性層を有すること。

【0040】前記強磁性体の第二磁性層の磁化方向を固定する前記手段が、前記強磁性体の第二磁性層に直接に接触する硬質強磁性層を有すること。

【0041】異方性磁気抵抗が、個々の前記強磁性体の磁性層の磁化の回転によって生じる前記磁気抵抗センサの前記電気抵抗変化に加えられるように、前記電流の方向に対する個々の前記強磁性体の磁性層の磁化方向が定められていること。

【0042】異方性磁気抵抗が、前記強磁性体の第一磁性層の磁化の回転によって生じる前記磁気抵抗センサの前記電気抵抗変化に加えられるように、前記電流の方向に対する個々の前記強磁性体の薄膜層の磁化方向が定められていること。

【0043】前記強磁性体の第一磁性層を単一のドメイン状態に保持するのに十分な縦方向のバイアスを生じさせる手段をさらに有すること。

【0044】縦方向のバイアスを生じさせる前記手段が、前記強磁性体の第一磁性層の端部領域だけに、直接に接触する反強磁性層を有すること。

【0045】縦方向のバイアスを生じさせる前記手段

15

が、前記強磁性体の第一磁性層の端部領域だけに、直接に接触する硬質強磁性層を有すること。

【0046】前記強磁性体の第一磁性層を単一のドメイン状態に保持するのに十分な縦方向のバイアスを生じさせる手段をさらに有すること。

【0047】縦方向のバイアスを生じさせる前記手段が、前記強磁性体の第一磁性層の端部領域だけに、直接に接触する反強磁性層を有すること。

【0048】縦方向のバイアスを生じさせる前記手段が、前記強磁性体の第一磁性層の端部領域だけに、直接に接触する硬質強磁性層を有すること。

【0049】更に、上述したように、バイアス電流の変動として、その再生時よりも大きな値の復帰電流を流すだけでもMR膜を元の単一の磁区状態に戻すことはできるが、さらに情報を記録するセクターとは別の専用のセクターにおいて、前記記録ヘッドのコイルに交流または直流の電流を印加する際、MRヘッドのバイアス電流を変動させることにあり、特につまり記録ヘッドの磁界を再生動作時にMRヘッドに流しているバイアス電流より大きな電流を印加することによって、復帰電流のバイアス磁界と記録ヘッドの磁界とが合成されるため、より小さな復帰電流でもMR膜を元の単一の磁区状態に戻すように作用する。このように復帰電流の値を小さくすることができるので、信頼性の点で有利となる。

【0050】

【発明の実施の形態】

(実施例1) 図2は一つの実施例であるハードディスク装置の概略図である。本装置はディスク回転軸64とこれを高速で回転させるスピンドルモータ65を持っており、ディスク回転軸64には一枚ないし複数枚(本実施例では二枚)のディスク40が所定の間隔で取り付けられている。よって各ディスク40はディスク回転軸64とともに一体となって回転する。ディスク40は所定の半径と厚みを持った円板で、両面に永久磁石膜が形成されており情報の記録面となっている。本装置はまた、ディスク40の外側にヘッドの位置決め用回転軸62とこれを駆動させるボイスコイルモータ63を持っており、ヘッドの位置決め用回転軸62には複数個のアクセスアーム61が取り付けられており、各アクセスアーム61の先端には記録再生用ヘッド(以後ヘッドと記す)60が取り付けられている。よって各ヘッド60は、ヘッドの位置決め用回転軸62が所定角度だけ回転することによって各ディスク40上を半径方向に移動し、所定の場所に位置決めされる。また各ヘッド60は、ディスク40が高速で回転する時に生じる浮力と、アクセスアーム61の一部を構成する弾性体であるジンバルの押し付け力とのバランスによって、ディスク40表面から数十nm程度の距離に保持されている。スピンドルモータ65とボイスコイルモータ63とはハードディスクコントローラ66にそれぞれ接続されており、ハードディスクコ

16

ントローラ66によりディスク40の回転速度やヘッド60の位置が制御されている。

【0051】ディスク40の各情報記録面には、図3に示すような複数のサーボ領域42が半径方向に放射状に形成されている。サーボ領域42には、トラック番号の識別信号(グレイコード)やヘッド60の位置決めを行うための信号(パーストパターン)が記録されている。ヘッド60はこれらサーボ信号を読み取ることで現在の位置を知り、これに応じてボイスコイルモータ63を制御することでヘッドの位置決めがなされる。残りの領域の大半は情報を記録するためのデータトラック領域41であるが、一部をヘッド回復領域43やCSS(Contact-Start-Stop)領域44に割り当てることもある。データトラック領域41には、複数のデータトラックが半径方向に同心円上に所定のトラックピッチで形成されている。各データトラックには、ヘッド60によってディスク40の回転方向に情報が記録され、再生される。ヘッド回復領域は、ヘッド60を構成する磁気抵抗効果型再生素子の安定化処理を行うための領域で、データトラック領域41とは別に用意される。CSS領域は、ハードディスク装置の主電源のON/OFF時、もしくは消費電力の節減のためスピンドルモータ65を停止もしくは低速回転させる場合(スタンバイモード; インターフェース系は起動状態)にヘッド60を位置させておく領域で、データトラック領域41とは別に用意される。スピンドルモータ65が停止もしくは低速回転すると、ヘッド60とディスク40が接触し情報の一部が破壊される恐れがあるからである。ハードディスク装置にはCSSの代りにLoad-Unloadを行う装置もある。この場合はスピンドルモータ65が停止もしくは低速回転する場合、ヘッド60はディスク40から遠くに離れる(Unload)ので、CSS領域は不要である。図3の実施例では、ヘッド回復領域43がCSS領域44を兼ねた例を示した。

【0052】ハードディスクコントローラ66は、前記ディスク40の回転速度制御部やヘッド60の位置決め制御部とともに、図1に示す記録再生系回路部50を有している。記録再生系回路部50は、ヘッド60を構成する再生用MRヘッド10に検知電流を兼ねたバイアス電流を印加するための電源51(定電流源ないし定電圧源)と、信号の直流成分をカットするためのコンデンサ52と、出力信号を増幅するための再生アンプ53と、ヘッド60を構成する記録用誘導型ヘッド20の記録ヘッドを構成する磁束を発生させるためのコイル21に記録電流を印加するための記録電流発生電源54と、これらの動きを制御する記録再生動作制御回路55とを有している。記録再生動作制御回路55は、再生用MRヘッド10に電流を流すためのバイアス電流印加用の定電流源51を制御することでバイアス電流の大きさ、方向、印加のタイミングを制御し、出力信号を検知し、記録再生用にコーティングされた出力信号を元の状態に戻す。

このとき、記録再生用にコーディングされた出力信号にはエラー訂正コードが含まれており、これに基づいて再生した情報を補正する。また補正が効かない場合にはエラーと判定し、再生動作を所定の回数内で何度か繰り返し行い、正常に動作することを期待する。ところがそれでもなお誤動作を続ける場合には、記録再生動作制御回路55が後述するような安定化手段を実行する。また記録再生動作制御回路55は、入力された信号に基づいて記録電流発生電源54を制御し、記録電流のパターンや印加のタイミングを制御することで情報を記録する。このとき、所望のデータトラック上に正しく記録するため、記録の前にサーボ領域42にある信号を読み、ヘッドの位置決めを行う。ここで再生動作に異常があり、ヘッドの位置決めができない場合にも、記録再生動作制御回路55は安定化手段を実行する。

【0053】この記録再生動作制御回路55は再生信号を処理し、その再生信号のパターンが論理的に正しいかどうかを判定し、記録再生用にコーディングされた情報を元の状態に戻す制御回路と、記録再生動作のコントローラで、定電流源51や記録電流発生回路54の動作を制御する制御回路を有する。

【0054】ここで、再生用MRヘッド10の再生信号を再生アンプ53で増幅し、再生信号処理回路に通して論理的に正しいかどうか判定する。誤りがあった場合には、通常のセンス電流よりも大きな値で同方向の復帰電流をワンパルス印加し、その後通常のセンス電流に戻すよう定電流源51を駆動する。ここでもう一度再生動作を行い、再び誤りがあった場合には、センス電流とは逆方向に復帰電流をワンパルス印加し、その後通常のセンス電流に戻すよう定電流源51を駆動する。以上の一連動作を、一回または複数回行うように記録再生動作のコントローラ、定電流源51をプログラミングした。

【0055】ヘッド60は、図4にその先端の断面を示すように、記録用誘導型ヘッド20と再生用MRヘッド10とが積層され一体となっている。記録用誘導型ヘッド20は、記録電流を印加することで磁束を発生させるためのコイル21と、磁束を集めるための一対の磁気コア22とを有している。なおここでは図示しないが、一対の磁気コア22は図の上側（媒体対向面16の反対側）で互いに接合されており、磁気回路を形成している。磁気コア22の媒体対向面16側には磁気ギャップ23が設けられており、収束された磁束はここから媒体に印加されることによって情報が記録される。再生用MRヘッド10は、磁気抵抗効果膜を含む積層膜100と、これに接合する一対の電極と（図示されていない）、再生時の空間分解能を高めるための一対の磁気シールド101とを有している。一対の磁気シールド101のうち記録素子側にあるものは、記録用誘導型ヘッド20を構成する磁気コア22の一部を兼ねている。記録用誘導型ヘッド20が発生する記録磁界73の一部は、

磁気抵抗効果膜を含む積層膜100にも影響を及ぼし、これが再生波形変動の一つの大きな原因となっていると考えられる。また後述するように、この磁界を制御することによって、一度乱れた再生波形の回復を行うこともできる。

【0056】磁気抵抗効果膜を含む積層膜100の実施形態には、様々な型が可能であるが、そのうちの主だったものの構成と簡単な動作原理を図5(A)～図5(C)、図6(A)～図6(C)、図7(A)～図7(C)、図8(A)、図8(B)に示す。

【0057】図5(A)には軟磁性バイアス膜(SAL)を持った異方性磁気抵抗効果(AMR)素子の媒体対向面を示す。積層膜100はAMRヘッドを構成するNiFe系の合金からなるMR膜11、AMRを構成する例えばTa等の非磁性導体からなるスペーサ12、SAL13の三層からなっている。MR膜11はNiFe、CoFe、NiFeCo、CoNiFe等の軟磁性合金からなり、膜厚は10から30nm程度の最適な値に設定されている。スペーサ12はTa等からなり、膜厚は5から20nm程度の最適な値に設定されている。SAL13はNiFeCr、NiFeRh、NiFe等の軟磁性合金からなり、膜厚は10から40nm程度の最適な値に設定されている。MR膜11やSAL13を単一の磁区構造に保つために、これらの積層膜の両隣にはCoPt、CoCrPt、CoCrTa等の永久磁石膜とその配向を制御するための下地膜とからなる磁区制御層14が配置されている。一対の電極15はAu、Cu、Ta等からなる金属が各磁区制御層14の上に積層して形成されている。磁区制御層14は強磁性膜であるNiFe系合金と反強磁性膜であるFeMn系、NiMn系合金との積層膜に置換することができる。

【0058】次に図5(B)、図5(C)に示した前記AMR素子を上面から見た展開図を用いて、その動作を簡単に示す。素子にバイアス電流75を右向きに印加した場合には、電流の作る磁界74によってMRヘッドを構成する例えばNiFe系合金からなるSAL13の平均的な磁化方向131はほぼ上を向く。この磁化方向131の作る下向き磁界を受けて、MR膜11の平均的な磁化方向111は斜め下約45度方向を向く。また素子にバイアス電流75を左向きに印加した場合には、先程とは逆にMR膜11の平均的な磁化方向111は斜め上約45度方向を向く。これらの状態のときMR膜11は最も良い線形応答性を示す。AMR素子に媒体の漏洩磁界71が印加されると、それに応じてMR膜11の磁化方向111の方向が変化することで電気抵抗が変化し、これを電気信号として検知する。

【0059】図6(A)にはAMR膜を二枚持ったデュアルストライプAMR素子の媒体対向面を示す。積層膜100は第一のAMR膜81、非磁性絶縁体のスペーサ82、第二のAMR膜83の三層からなっている。各A

19

MR膜81, 83はNiFe, CoFe, NiFeCo, CoNiFe等の軟磁性合金からなり、膜厚は10から30nm程度の最適な値に設定されている。スペーサ82はAl₂O₃, SiO₂等の絶縁体からなり、膜厚は30から80nm程度の最適な値に設定され、第一のAMR膜81と第二のAMR膜83を電気的に分離している。各AMR膜81, 83を単一の磁区構造に保つために、それぞれの膜の両端領域には、磁区制御用のFeMn等からなる反強磁性膜84, 87が各AMR膜上にそれぞれ直接積層されている。また各AMR膜の各一对の電極85, 86は、前記各反強磁性膜84, 87の上に積層されている。図6(B), 図6(C)は前記AMR素子を上面から見た展開図である。素子にバイアス電流75を右向きに印加した場合には、電流の作る磁界74の影響を受けて、第一のAMR膜81の平均的な磁化811は斜め下方向を向き、第二のAMR膜83の平均的な磁化831は斜め上方向を向く。また素子にバイアス電流75を左向きに印加した場合には、各平均的な磁化811, 831の方向は先程とは上下逆の方向を向く。AMR素子に媒体の漏洩磁界71が印加されると、それに応じて各AMR膜81, 83の磁化811, 831の方向が変化することで電気抵抗が変化し、これを電気信号として検知する。

【0060】図7(A)にはGMR膜のうちのひとつであるスピンバルブ膜を持った素子の媒体対向面を示す。積層膜100は第一の強磁性膜31、非磁性導体膜32、第二の強磁性膜33、第二の強磁性膜33の磁化方向を固定するための反強磁性膜36からなっている。第一の強磁性膜31は自由層として、例えば膜厚1から10nm程度のNiFeと膜厚0.5から5nm程度のCoもしくはCoFeとの積層膜を用いて構成されている。非磁性導体膜32は例えば膜厚1から4nm程度のCuで構成されている。第二の強磁性膜33は固定層として、例えば膜厚1から5nm程度のCoを用いて構成されている。反強磁性膜36は例えば膜厚6から30nm程度のFeMnを用いて構成されている。第一の強磁性膜31を単一の磁区構造に保つために、これらの積層膜の両隣にはCoPt, CoCrPt, CoCrTa等の永久磁石膜とその配向を制御するための下地膜とからなる磁区制御層38が配置されている。一对の電極39は各磁区制御層38の上に積層して形成されている。次に図7

(B), 図7(C)に示した前記スピンバルブ素子を上面から見た展開図を用いて、その動作を簡単に示す。第二の強磁性膜33の平均的な磁化331の方向は、反強磁性膜36によって媒体対向面を指すように固定されている。よってその磁化方向は、バイアス電流75の方向によらず一定である。そのため、第一の強磁性膜31は第二の強磁性膜の磁化331の作る上向き磁界を常に受けている。よってバイアス電流75を左向きに印加した場合、すなわち電流が作る第一の強磁性膜31の感じる

20

磁界74の方向が下向きの場合には、最良な線形応答性が得られる。バイアス電流45を右向きに印加した場合、第二の強磁性膜の磁化331の作る磁界と電流の作る磁界74の方向が等しくなるので、第一の強磁性膜の磁化311の方向は斜め上を向く。スピンバルブ素子に媒体の漏洩磁界71が印加されると、それに応じて第一の強磁性膜の磁化311の方向が変化し、第二の強磁性膜の磁化331の方向とのなす角度が変化することで電気抵抗が変化し、これを電気信号として検知する。

【0061】図8(A)にはGMR膜のうちのひとつであるデュアルスピンバルブを持った素子の媒体対向面を示す。積層膜100は第一の強磁性膜31、第二の強磁性膜33、第一の強磁性膜と第二の強磁性膜との間に挿入された非磁性導体膜32、第三の強磁性膜35、第一の強磁性膜と第三の強磁性膜との間に挿入された非磁性導体膜34、第二の強磁性膜33の磁化方向を固定するための反強磁性膜36、第三の強磁性膜35の磁化方向を固定するための反強磁性膜37からなっている。第一の強磁性膜31は自由層として、例えば膜厚1から10nm程度のNiFeと膜厚0.5から5nm程度のCoもしくはCoFeとの積層膜を用いて構成されている。各非磁性導体膜32, 34は例えば膜厚1から4nm程度のCuで構成されている。第二の強磁性膜33および第三の強磁性膜35は固定層として、例えば膜厚1から5nm程度のCoを用いて構成されており、二つの膜厚は必ずしも等しくなくても良い。本実施例では第二の強磁性膜33をより薄く形成した。反強磁性膜36は例えば膜厚30から50nm程度のNiOを用いて構成され、反強磁性膜37は例えば膜厚6から30nm程度のFeMnを用いて構成されている。第一の強磁性膜31を単一の磁区構造に保つために、これらの積層膜の両隣にはCoPt, CoCrPt, CoCrTa等の永久磁石膜とその配向を制御するための下地膜とからなる磁区制御層38が配置されている。一对の電極39は各磁区制御層38の上に積層して形成されている。次に図8(B)に示した前記デュアルスピンバルブ素子を上面から見た展開図を用いて、その動作を簡単に示す。第二の強磁性膜33の平均的な磁化331の方向と第三の強磁性膜35の平均的な磁化351の方向とは、反強磁性膜36もしくは反強磁性膜37によって媒体対向面を指すように固定されている。よってその磁化方向は、バイアス電流75の方向によらず一定である。また電流が作り第一の強磁性膜31が受ける磁界74は、第一の強磁性膜31の上側にある膜(34, 35, 37)と下側にある膜(32, 33, 36)の電気抵抗が等しい場合には打ち消し合う。しかしここでは反強磁性膜36は絶縁体NiOで、第二の強磁性膜33の膜厚は第三の強磁性膜35の膜厚に比べて薄いので、上側にある膜(34, 35, 37)の方が低抵抗である。よって電流が作る第一の強磁性膜31に受ける磁界74は、バイアス電流を左向きと

21

したときに下向きとなる。このとき最良な線形応答性を得られる。バイアス電流 75 を右向きに印加した場合、第二の強磁性膜の磁化 331 の作る磁界および第三の強磁性膜の磁化 351 の作る磁界と、電流の作る磁界 74 の方向が等しくなるので、第一の強磁性膜の磁化 311 の方向は斜め上を向く。デュアルスピンプルブ素子に媒体の漏洩磁界 71 が印加されると、それに応じて第一の強磁性膜の磁化 311 の方向が変化し、第二の強磁性膜の磁化 331 の方向および第三の強磁性膜の磁化 351 の方向とのなす角度が変化することで電気抵抗が変化し、これを電気信号として検知する。

【0062】以上に示したように、各 AMR 素子、各 GMR 素子では、バイアス電流 75 を印加することによって AMR 素子の AMR 膜ないし GMR 素子の第一の強磁性膜にバイアス磁界を印加し、その磁化を回転させて最良な線形応答性を得ている。よってバイアス電流 75 の大きさや方向を適当に制御することによって、AMR 膜ないし第一の強磁性膜の磁化の方向を比較的自由に制御できる。

【0063】本実施例において再生素子の安定化手段を 20 実行するために、バイアス電流 75 の大きさを通常の再生時よりも大きくできるようにバイアス電流印加用の定電流源 51 を構成し、再生用 MR ヘッド 10 に媒体の漏洩磁界 71 が印加されている状態、すなわちディスク 40 が所定の速度で高速回転しており、ヘッド 60 がデータトラック領域 41 上に位置し、ディスク 40 の表面から数十 nm の所定の距離に保持された状態で、記録再生動作制御回路 55 が、バイアス電流 75 の大きさを通常の再生時よりも大きくするようにバイアス電流印加用の定電流源 51 を制御するという手段を持つ構成とした。

【0064】次に、前記安定化手段の実行によって、再生誤動作の一つの原因である再生波形変動を抑制した。すなわち変化した波形を元の状態に回復させた例を示す。なお再生用 MR ヘッド 10 の一例として、図 5 に示した SAL を持った MAR 素子を用いた。

【0065】図 9 (A) - 図 9 (C) は再生時のバイアス電流を +10 mA とした場合の波形を示す。図 9

(A) は、正常な再生波形、図 9 (B) は再生波形変動を起こした後の低出力で異常な再生波形、図 9 (C) は、安定化処理として +20 mA のバイアス復帰電流を一度印加した後の再生波形である。ここで右向きのバイアス電流を正方向とした。図 9 (B) では出力が本来の半分程度に低くなっており、このためハードディスク装置を正常に動作させるための信号雑音比 (S/N) が不足して誤動作を起こしたと考えられる。ところが安定化処理を行うことによって、再生波形は図 9 (C) に示すような高い出力状態に復帰し、高い信号雑音比 (S/N) が得られたため、ハードディスク装置を正常に動作させることができた。

【0066】前記回復の理由を明らかにするために、M 50

22

R 膜 11 の磁化方向 (矢印で図示) を測定した結果を図 10 (A) - 図 10 (D) に示す。図 10 (A) は図 9 (A) に対応しており (バイアス電流 = +10 mA)、正常な波形が得られる状態では AMR 膜は単一の磁区状態であることがわかる。図 10 (B) は図 9 (B) に対応しており (バイアス電流 = +10 mA)、低出力状態では、AMR 膜の右端の磁化が右斜め上を向いているために磁化方向にねじれが生じ、AMR 膜は単一の磁区状態ではなくなっていた。図 10 (C) は安定化処理として +20 mA のバイアス電流を印加している最中を示す。大きな値のバイアス電流を右向きに印加しているため、AMR 膜には強い下向きのバイアス磁界が印加されている。このため、AMR 膜の磁化は全体的に下を向くようになり、結果として右端にあった磁化のねじれが解消して単一の磁区状態となっている。このため、バイアス電流を所定の +10 mA に戻した場合にも、図 10 (D) に示すように AMR 膜は単一の磁区状態であった。このため再生波形は図 9 (C) に示したように復帰した。以上のように、再生素子に媒体の漏洩磁界が印加されている状態で、大きなバイアス電流を印加する、すなわち大きなバイアス磁界を印加すると、再生波形は元の状態に復帰した。ところが、例えばヘッドをディスクから遠くに離れた状態、すなわち再生素子に媒体の漏洩磁界が印加されていない状態でバイアス電流を +25 mA 程度まで大きくしても、再生波形の回復は顕著には見られなかった。このように媒体の漏洩磁界を印加した方が低いバイアス電流で回復するのは、再生素子にはバイアス磁界と媒体から漏洩する磁界との和である大きな磁界が印加されるからと考えられる。大きなバイアス電流を印加すると大きなバイアス磁界が得られるが、一方で再生素子の発熱量が多くなり、またエレクトロマイグレーション (長時間の電流印加によって膜の一部が欠損する現象) も大きくなり、信頼性の面で問題となる。よって安定化処理は、再生素子に媒体の漏洩磁界が印加されている状態で行うことが望ましい。

【0067】(実施例 2) ハードディスク装置を構成するに際しては、再生素子の安定化手段を実行するために、記録再生動作制御回路 55 が、情報を記録する際、記録用誘導型ヘッド 20 を構成するコイル 21 に記録電流を印加しながら、バイアス電流 75 の大きさを通常の再生時よりも大きくできるように、記録電流発生電源 54 とバイアス電流印加用の定電流源 51 を制御するという手段を持つ構成をとることができる。

【0068】本実施例の安定化処理を行った場合、実施例 1 に用いた AMR 素子において、+15 mA 程度のバイアス電流で再生波形の回復が可能であった。情報を記録する際、ディスク 40 は所定の速度で高速回転しており、ヘッド 60 は所望のデータトラック上に位置し、ディスク 40 の表面から数十 nm の所定の距離に保持されている。よって再生用 MR ヘッド 10 には、記録用誘導

23

型ヘッド20の発生する記録磁界73の一部(図4参照)と共に、媒体の漏洩磁界71が印加されている。このように本実施例では新たに記録磁界73の一部を重畳したので、実施例1よりも低い値のバイアス電流で再生波形の回復が可能であったと考えられる。よって信頼性の点ではより有利である。なお前述したように、記録動作を行うことによって再生波形変動は起こりやすくなる、すなわち記録磁界と媒体の漏洩磁界の和が再生素子に悪影響を及ぼすが、本実施例のように記録時に値の大きなバイアス電流を印加することによって、これらの磁界は再生波形を回復させるように作用する。よって再生波形の回復の場合のみならず全ての記録時に、もしくは定期的な記録時に、もしくはオペレータやホストコンピュータの命令によって行われる記録時に、値の大きなバイアス電流を印加することによって、再生波形変動が起こる確率を低く抑えることができる。

【0069】(実施例3)ハードディスク装置を構成するに際しては、再生素子の安定化手段として、ハードディスクコントローラ66が、ヘッド60をヘッド回復領域43上に移動させるようにボイスコイルモータ63を制御し、ここで、記録用誘導型ヘッド20を構成するコイル21に記録電流を印加しながら、バイアス電流75の大きさを通常の再生時よりも大きくできるように、記録電流発生電源54とバイアス電流印加用の定電流源51を記録再生動作制御回路55が制御するという手段を持つ構成をとることができる。

【0070】前述したように、所望のデータトラック上に正しく記録するため、記録の前にサーボ領域42にある信号を読み、ヘッドの位置決めを行う。ここで再生動作に異常がありヘッドの位置決めができない場合には、記録動作は行わないように制御されている。正しくない位置に情報を記録すると、以前にあった情報を誤って破壊する恐れがあるからである。また再生動作を行う際、再生動作異常によって正しく位置決めできないこともある。これらの場合には、まずヘッド60をヘッド回復領域43上に移動させる。このとき異常を起こしたヘッドでは位置決めできないので、他の正常なヘッドを用いて概略の位置決めを行う。図2に示したように、各ヘッド60は一つの位置決め用回転軸62に取り付けられているため、これが可能となっている。異常ヘッドが回復領域43上に移動した後、記録動作を行いながら大きな値のバイアス電流を印加する。本実施例の安定化処理を行った場合も実施例2と同様に、実施例1に用いたAMR素子において、+15mA程度のバイアス電流で再生波形の回復が可能であった。この安定化処理によってヘッドが正常状態に回復すると、先程の所望のデータトラック位置にヘッド60を移動させ、記録再生動作を行う。本実施例の安定化処理は、定期的に、もしくはオペレータやホストコンピュータの命令によっても行うことができる。

24

【0071】(実施例4)前記実施例では、正方向で大きな値のバイアス電流で再生波形の回復が可能であったが、必ずしも正方向の電流で回復するとは限らない。そこで前記各ハードディスク装置においては、バイアス電流印加用の定電流源51が、正方向と負方向の双方にバイアス電流を印加できる構成をとることができる。

【0072】図11(A)～図11(F)には、実施例1に用いたAMR素子において、先程とは別な形で磁化方向にねじれが生じた場合の測定結果を示す。なお図の矢印は、MR膜11の磁化方向である。AMR膜は図11(A)に示される正常な状態では単一の磁区状態であった。再生波形が低出力状態になった場合には、図11(B)に示すように右端の磁化が右下を向いたために磁化方向のねじれが生じ、AMR膜は単一の磁区状態ではなくなっていた。安定化処理として+20mAのバイアス電流を印加している最中は図11(C)に示すように、大きな値のバイアス電流による強い下向きのバイアス磁界のため、AMR膜の磁化は全体的に下を向くようになるが、右端の磁化は元々右下を向いていたため、バイアス電流を+10mAに戻した場合、図11(D)に示すように再生波形が低出力状態である図11(B)の状態に戻ってしまう。ところが安定化処理として-20mAのバイアス電流を印加すると、図11(E)に示すように強い上向きのバイアス磁界のため、AMR膜の磁化は全体的に上を向くようになり、結果として右端にあった磁化のねじれが解消して単一の磁区状態となった。このため、バイアス電流を所定の+10mAに戻した場合にも、図11(F)に示すようにAMR膜は単一の磁区状態であった。このため再生波形は本来の状態に復帰した。このように正負双方のバイアス電流を印加することによって、図10(A)～図10(D)、図11(A)～図11(F)に示したどちらの場合にも再生波形を回復させることができる。

【0073】(実施例5)図7(A)～図7(C)及び図8(A)、図8(B)各々スピンバルブ素子及びデュアルスピンバルブ素子等のGMR素子を有するハードディスク装置を構成するに際しては、GMR素子の安定化手段を実行するために、記録再生動作制御回路55が、記録用誘導型ヘッド20を構成するコイル21に印加する記録電流の極性を記録動作終了時に一方向に固定するように、記録電流発生電源54を制御するという手段を持つ構成をとることができる。具体的には、記録用誘導型ヘッド20を構成するコイル21の巻線方向について、記録電流発生電源54によって正の電流を印加されたときに正(再生用MRヘッド10に対して上向き;図4参照)の磁界が発生する方向とした場合、常に負の記録電流を印加してから記録動作を終了するように、記録電流の極性を定めた。

【0074】まず、前記安定化手段を実行した場合としない場合の再生波形の例を示す。なおGMR素子の一例

25

として、図7(A) - 図7(C)に示したスピンバルブ素子を用い、バイアス電流は左向きに5mAとした。図12(A)は記録電流の終了極性を定めていない場合に得られた再生波形の例で、このときのハードディスク装置は再生誤動作を起こしていた。図12(B)は記録電流の終了極性を定めた場合の再生波形の例で、終了極性を定めることによって安定してこのような波形が得られ、誤動作は少なかった。なお詳細は示さないが、図8(A)、図8(B)に示してデュアルスピンバルブ素子を用いた場合も同様であった。

【0075】この理由を明らかにするため、GMR素子を構成する第二の強磁性膜33の磁化方向の固定が十分なGMR素子と、十分でないGMR素子とを作製し、特性を比較した。なお第二の強磁性膜33の磁化方向331は、図7(A) - 図7(C)に示したように媒体対向面16を指す方向とした。図13(A)、図13(B)は、双方の素子について印加磁界と出力との関係を示す特性曲線図である。第二の強磁性膜33の磁化方向の固定が十分な場合の特性は、図13(A)に示すように再生時に印加される媒体の漏洩磁界の範囲71でヒステリシスを持たなかった。一方十分でない場合の特性は、図13(B)に示すように再生時に印加される媒体の漏洩磁界の範囲71でヒステリシスを示した。記録動作中のGMR素子には、媒体の漏洩磁界71に加えて記録用誘導型ヘッド20の発生する記録磁界73の一部(図4参照)が印加されている。このため、記録動作中には再生時の倍近くの大きな磁界が印加されることもある。

【0076】そこで次に、記録動作中に印加される最大磁界を印加した後におけるGMR素子の特性を、図14(A) - 図14(D)を用いて説明する。図14(A)、図14(B)は、図13(A)にその特性を示した固定が十分なGMR素子に、それぞれ正方向、負方向の最大磁界721、722を印加した後、再生時に印加される磁界71を印加して求めた特性曲線図である。このように固定が十分なGMR素子の場合、図14

(A)、図14(B)の間に変化は見られず、これは記録動作によって特性に変化が起らず安定であることを示している。しかしながら、このような素子を得ることは必ずしも容易ではない。当初の固定が十分な場合でも、ヘッド製造のプロセス後に特性の劣化が起り、固定が十分でなくなる場合もあるからである。図14(C)、図14(D)は、図13(B)にその特性を示した固定が十分でないGMR素子に、それぞれ正方向、負方向の最大磁界721、722を印加した後、再生時に印加される磁界71を印加して求めた特性曲線図である。このように固定が十分でないGMR素子の場合、記録動作時に受けた磁界の方向により、その再生状態での特性曲線が大きく変化する。正方向記録磁界を印加された後は、出力が低くなると共にヒステリシスを持つように特性が劣化する。これに対して負方向記録磁界を印

26

加された後は、固定が十分なGMR素子の場合と同様に良好な特性が得られる。ここで記録磁界の方向のうち、正方向は第二の強磁性膜33の磁化方向331と反対(反平行)方向であり、負方向は同一(平行)方向であることを注意すべきである。

【0077】これらの知見に基づいて、記録動作の前後における再生波形変動を抑制するため、記録動作の終了時に記録素子のコイルに印加する電流の極性を一方向に固定した。特に、GMR素子の第二の強磁性膜の磁化方向の媒体対向面に垂直な方向の成分と、記録動作終了時にGMR素子に印加される記録素子の作り出す磁界の媒体対向面に垂直な方向の成分とが互いに平行すなわち同一符号となるように、本実施例では常に負の記録電流を印加してから記録動作を終了するように、記録電流発生電源54を記録再生動作制御回路55が制御する構成とした。

【0078】(実施例6) GMR素子を有するハードディスク装置を構成するに際しては、GMR素子の安定化手段として、ハードディスクコントローラ66が、ヘッド60をヘッド回復領域43上に移動させるようにボイスコイルモータ63を制御し、ヘッド回復領域43上で、記録用誘導型ヘッド20を構成するコイル21に印加する記録電流の極性を記録動作終了時に一方向に固定するように、記録再生動作制御回路55が記録電流発生電源54を制御するという手段を持つ構成をとることができる。具体的には、記録用誘導型ヘッド20を構成するコイル21の巻線方向について、記録電流発生電源54によって正の電流を印加されたときに正(GMR素子に対して上向き; 図4参照)の磁界が発生する方向とした場合、常に負の記録電流を印加してから記録動作を終了するように、記録電流の極性を定めた。なお本実施例ではデータトラック上に情報を記録する訳ではないので、記録電流は直流でもよい。この場合は常に負の記録電流を印加するように設定した。

【0079】前記実施例5では、情報を媒体に記録する際の終了時における記録電流の極性を一方向に固定したので、媒体に記録しようとする情報のパターン、すなわち記録電流のパターンを従来とは変更する必要がある。しかし本実施例の安定化処理は、再生動作に異常がある場合に、もしくは定期的に、もしくはオペレータやホストコンピュータの命令によって、ヘッド回復領域にヘッドを移動させた後に行うので、媒体に記録しようとする情報のパターン、すなわち記録電流のパターンを従来とは変更する必要がない。

【0080】(実施例7) GMR素子を有するハードディスク装置を構成するに際しては、GMR素子の安定化手段を実行するために、GMR素子に媒体の漏洩磁界71が印加されている状態、すなわちディスク40が所定の速度で高速回転しており、ヘッド60がデータトラック領域41上に位置し、ディスク40の表面から数十n

27

mの所定の距離に保持された状態で、第一の強磁性膜31にバイアス電流75の一部が流れることで発生し第二の強磁性膜33に印加される磁界74の方向が、第二の強磁性膜の磁化331の方向と等しくなるように記録再生動作制御回路55がバイアス電流75の方向を制御するという手段を持つ構成にすることができる。

【0081】図7(A)ー図7(C)に示したスピンプル素子を用いて詳細な説明を行う。第二の強磁性膜33の平均的な磁化331の方向は、反強磁性膜36によって媒体対向面を指すように固定されている。そのため、第一の強磁性膜31は第二の強磁性膜の磁化331の作る上向き磁界を常に受けている。よってバイアス電流75を左向きに印加した場合、すなわち電流が作り第一の強磁性膜31の感じる磁界74の方向が下向きの場合に、最良な線形応答性が得られる。従って再生時には左向きに5mA程度にバイアス電流を印加する。ところがこの場合、電流が作る第二の強磁性膜33に印加される磁界74の方向は、第二の強磁性膜の磁化331の方向と逆の上向きである。

【0082】前述したように、第二の強磁性膜の磁化の固定が十分でないGMR素子は、再生波形変動を起こしやすい。この場合、実施例5、6で示したように、一度固定方向である下向きの磁界を印加することで再生波形は回復した。そこでバイアス電流の方向を再生時とは逆の右向きとし、第二の強磁性膜33に下向きの磁界を印加した。この安定化処理によっても再生波形の回復は可能であった。第二の強磁性膜33には電流による下向きの磁界も印加されるが、第一の強磁性膜の磁化311が上を向くことによって発生し第二の強磁性膜に印加される下向きの磁界も、再生波形の回復に大きく寄与している。よって、バイアス電流の大きさは再生時よりも大きい場合には当然効果があるが、等しいかまたは小さい場合にも同様の効果が得られる場合もある。

【0083】(実施例8) GMR素子を有するハードディスク装置を構成するに際しては、GMR素子の安定化手段を実行するために、情報を記録する際、記録用誘導型ヘッド20を構成するコイル21に記録電流を印加しながら、第一の強磁性膜31にバイアス電流75の一部が流れることで発生し第二の強磁性膜33に印加される磁界74の方向が、第二の強磁性膜の磁化331の方向と等しくなるように記録再生動作制御回路55がバイアス電流75の方向を制御するという手段を持つ構成にすることができる。

【0084】本実施例では、実施例7で印加されていた磁界に記録磁界73が加えられるので、より低い値のバイアス電流で再生波形の回復が可能になる。すなわち、バイアス電流の大きさは再生時よりも大きい場合には当然効果があるが、等しいかまたは小さい場合にも同様の効果が得られる場合もある。また実施例2の場合と同様に、再生波形の回復の場合のみならず全ての記録時に、

28

もしくは定期的な記録時に、もしくはオペレータやホストコンピュータの命令によって行われる記録時に、値の大きなバイアス電流を印加することによって、再生波形変動が起こる確率を低く抑えることができる。

【0085】(実施例9) GMR素子を有するハードディスク装置を構成するに際しては、GMR素子の安定化手段として、ハードディスクコントローラ66が、ヘッド60をヘッド回復領域43上に移動させるようにボイスコイルモータ63を制御し、ヘッド回復領域43上で、記録用誘導型ヘッド20を構成するコイル21に記録電流を印加しながら、第一の強磁性膜31にバイアス電流75の一部が流れることで発生し第二の強磁性膜33に印加される磁界74の方向が、第二の強磁性膜の磁化331の方向と等しくなるように記録再生動作制御回路55がバイアス電流75の方向を制御するという手段を持つ構成にすることができる。

【0086】再生動作を行う際、再生動作異常によって正しく位置決めできないことがある。また記録動作を行う際、まずヘッドの位置決めを行うが、ここで再生動作に異常がありヘッドの位置決めができない場合には、記録動作は行わないように制御されている。これらの場合には、まずヘッド30をヘッド回復領域43上に移動させる。このとき異常を起こしたヘッドでは位置決めできないので、他の正常なヘッドを用いて概略の位置決めを行う。異常ヘッドが回復領域43上に移動した後、記録動作を行いながら方向の制御されたバイアス電流を印加する。本実施例の安定化処理を行った場合も実施例8と同様な再生波形の回復効果があった。この安定化処理によってヘッドが正常状態に回復すると、先程の所望のデータトラック位置にヘッド60を移動させ、記録再生動作を行う。本実施例の安定化処理は、定期的に、もしくはオペレータやホストコンピュータの命令によっても行うことができる。

【0087】(実施例10) GMR素子を有するハードディスク装置を構成するに際して、GMR素子の安定化手段として、実施例8ないし9に示した手段に加えて、第二の強磁性膜の磁化の方向と、記録動作終了時にGMR素子に印加される記録磁界の方向が等しくなるように記録再生動作制御回路55が記録電流発生電源54を制御するという手段を持った構成をそれぞれとることができる。

【0088】このような構成を採用することによって、実施例8ないし9に示した場合に比べて、より安定して再生波形の回復が可能であった。これは記録動作の終了時に記録素子のコイルに印加する電流の極性を安定方向に固定したので、第二の強磁性膜の磁化331の方向をより安定的に固定できるからである。

【0089】(実施例11) 前記バイアス電流の大きさを大きくできる手段を持つ各ハードディスク装置においては、バイアス電流の大きさは通常の再生時に印加して

29

いる所定の値よりも大きく、5倍以下となるようにバイアス電流印加用の定電流源51を制御する手段を持つ構成にすることができる。

【0090】大きなバイアス電流を印加すると大きなバイアス磁界が得られるが、一方で再生素子の発熱量が多くなり、またエレクトロマイグレーション（長時間の電流印加によって膜の一部が欠損する現象）も大きくなり、信頼性の点で問題となるからである。

【0091】（実施例12）図15は実施例1のAMR素子に代えて本発明の他の構造のスピバルブ磁気抵抗効果膜を用いた磁気ヘッド（MRセンサ）の部分断面図である。本発明のMRセンサは、ガラス、セラミックのような適切な基板18の上に、軟質強磁性体の第一磁性層31、非磁性金属層、及び強磁性体の第二磁性層33を付着させた構造である。強磁性層は、磁界が印加されていない場合は、個々の磁化方向が約90度の角度差になるようにする。さらに、第二磁性層33の磁化方向は、磁性媒体の磁界方向と同じ方向に固定される。磁界が印加されていない場合の軟質強磁性体の第一磁性層31の磁化方向は第二磁性層の磁界方向に対して90度傾いている。印加された磁界に感応して第一磁性層31に磁化回転が生じ変化する。

【0092】本実施例では軟質強磁性体の第一磁性層31の付着を行う前に、例えば、Ta、Ru、又はCuVのような適切な下部膜24を基板18の上に付着させる。下部膜24を付着させる目的は、後に付着させる層の組織、結晶粒度、及び形態を最適化させるためである。層の形態は、大きなMR効果を得るのに非常に重要である。それは層の形態によって非磁性金属層32の非潰に薄いスペーサ層を利用することができるからである。さらに分流による影響を最小にするために、下部層は高電気抵抗がよい。下部層は前述したように逆構造としても使用できる。基板18は十分な高電気抵抗で、十分に平面であり、且つ適切な結晶構造の場合は、下部膜24は不要である。

【0093】第一磁性層31を、紙面に平行な方向に単一のドメイン状態に保持させるための、縦方向にバイアスを生じさせる手段が用いられる。縦方向にバイアスを生じさせる手段は、高飽和保磁力、高直角度、且つ、高電気抵抗を有する硬質強磁性層38が用いられる。硬質強磁性層38は、軟質強磁性体の第一磁性層31の端部の領域に接触している。硬質強磁性層7の磁化方向は、紙面に平行である。

【0094】反強磁性層を第一磁性層31の端部の領域に接触させて付着させることができ、必要な縦方向のバイアスを生じさせる。これらの反強磁性層は、強磁性体の第二磁性層33の磁化方向を固定させるために用いられる反強磁性層36よりも十分に異なるブロッキング温度を有するものが良い。

【0095】次に、例えば、Taのような高抵抗の材料

30

のキャッピング層が、MRセンサ上部全体に付着させられるのが好ましい。電極8が備えられ、MRセンサ構造体と電流源及び検知手段間に回路が形成される。

【0096】図16は本発明のインダクティブ型の記録ヘッド断面図であるが、この薄膜ヘッドは上部シールド膜186と、その上に付着された前述の磁性膜からなる下部磁性膜184及び上部磁性膜185からなる。非磁性絶縁体189がこれらの磁性膜の間に付着されている。絶縁体の一部が磁気ギャップ188を規定し、これは例えば周知技術によりエア・ベアリング関係に置かれた磁性媒体と変換関係で相互作用する。支持体はエア・ベアリング表面（ABS）を有するスライダの形になっており、これはディスク・ファイル動作中に回転するディスクの媒体に近接し浮上関係にある。

【0097】薄膜磁気ヘッドは上部185、下部磁性膜184により出来るバック・ギャップ190を有する。バック・ギャップ190は介在するコイル187により磁気ギャップから隔てられている。

【0098】連続しているコイル187は例えばめっきにより下部磁性層184の上に作った層になっており、これらの電磁結合する。コイル187は絶縁体189で埋められてあるコイルの中央には電気接点191があり、同じくコイルの外端部終止点には電気接点192として更に大きく区域がある。接点は外部電線及び読み取り書き込み信号処理ヘッド回路（図示略）に接続されている。

【0099】本発明においては、単一の層で作られたコイル187が、やや歪んだ楕円形をしており、その断面積の小さい部分が磁気ギャップに最も近く配置され、磁気ギャップからの距離が大きくなるにつれ、断面積が徐々に大きくなる。

【0100】バック・ギャップ190は磁気ギャップのABSに相対的に近く位置している。しかし楕円形コイルはバック・ギャップ190と磁気ギャップ188との間で比較的密に多数本入っており、コイルの幅乃至断面直径はこの区域では小さい。更に、磁気ギャップから最も遠い部分での大きな断面直健は電気抵抗の減少をもたらす。更に、楕円（長円）形コイルは角や鋭い隅や端部を持たず、電流への抵抗が少ない。又、楕円形状は矩形や円形（環状）コイルに比べ導電体の全長が少なく済む。これらの利点の結果、コイルの全抵抗は比較的少なく、発熱は少なく、適度の放熱性が得られる。熱を相当量減らすので、薄膜層の層崩れ、伸長、膨張は防止され、ABSでのボール・チップ突出の原因が除かれる。

【0101】幅の変化がほぼ均一に進む楕円形コイル形状は、スパッタリングや蒸着等より安価な従来のめっき技術で付着できる。他の形状特に角のある形のコイルではめっき付着が不均一な幅の構造になり易い。角や鋭い端縁部の除去は出来上ったコイルにより少ない機械的ストレスしか与えない。

31

【0102】本実施例では多数巻回したコイルがほぼ楕円形状で磁気コア間に形成され、コイル断面径は磁気ギャップからバック・ギャップに向けて徐々に広がっており、信号出力は増加し、発熱が減少させる。

【0103】本実施例では、インダクティブ型の記録ヘッドの上部及び下部磁性膜を以下の電気めっき法によって形成した。

【0104】 Ni^{++} 量：16.7 g/l, Fe^{++} 量：2.4 g/l を含み、その他通常の応力緩和剤、界面活性剤を含んだめっき浴において、pH：3.0, めっき電気密度：15 mA/cm² の条件でフレームめっきした上・下部磁気コアを有する誘導型の薄膜磁気ヘッドを作製した。トラック幅は4.0 μm 、ギャップ長は0.4 μm である。この磁性膜の組成は42.4 Ni-Fe (重量%) であり、磁気特性は飽和磁束密度 (Bs) が1.64 T, 困難軸保磁力 (H_{ch}) が0.5 Oe で比抵抗 (ρ) は48.1 $\mu\Omega\text{cm}$ であった。上部磁気コア85, 上部シールド層を兼ねた下部磁気コア84, コイル87である。再生のための磁気抵抗効果型素子86, 磁気抵抗効果型素子にセンス電流を流すための電極, 下部シールド層, スライダの構成を有する。本実施例の磁気コアの結晶粒径は100~500 Å となり、困難軸保磁力が1.0 Oe 以下であった。

【0105】このような構成で評価した本発明による記録ヘッドの性能 (オーバーライト特性) を測定した結果、40 MHz 以上の高周波領域でも-50 dB 程度の優れた記録性能が得られた。

【0106】図17は本発明のインダクティブ型記録ヘッドと磁気抵抗効果型再生ヘッドとを有する磁気ヘッドの斜視概念図である。ヘッドスライダを兼ねる基体150上に下部シールド182, 磁気抵抗効果膜110, 磁区制御膜141, 電極端子140を有する再生ヘッドと上部シールド兼下部磁気コア181および上部磁気コア183を形成し、下部ギャップ, 上部ギャップの図示は省略してあり、コイル142は電磁誘導効果によって上部磁気コアおよび上部シールド兼下部コアに起磁力が発生するインダクティブ型記録ヘッドとを搭載したものである。

【0107】図18は負圧スライダの斜視図である。負圧スライダ170は、空気導入面171と浮揚力を発生する二つの正圧発生面177, 177とに囲まれた負圧発生面178を有し、さらに空気導入面179並びに二つの正圧発生面177, 177と負圧発生面178との境界において負圧発生面178より段差の大きい溝174とから構成される。なお、空気流出端75には磁気ディスクに情報の記録を行う後述するインダクティブ型の記録ヘッドと再生を行う前述のMRセンサとが前述の図17に示す概略構造の記録再生分離型の薄膜磁気ヘッドエレメント176を有する。

【0108】負圧スライダ170の浮上時においては、

32

空気導入面179から導入された空気は負圧発生面173で膨張されるが、その際に溝174に向かう空気の流れも作られるため、溝174の内部にも空気導入面179から空気流出端75に向かう空気の流れが存在する。したがって、負圧スライダ170の浮上時に空気中に浮遊する塵芥が空気導入面171から導入されたとしても溝174の内部へ導入され、溝174内部の空気の流れによって押し流され、空気流出端178より負圧スライダ170の外へ排出されることになる。また負圧スライダ170の浮上時には溝4内部には常に空気の流れが存在し凝み等がないため、塵芥が凝集することもない。

【0109】図19に本発明の一例である磁気ディスク装置の全体図を示す。本磁気ディスク装置の構成は、情報を記録するための磁気ディスク、これを回転する手段のDCモータ (図面省略)、情報を書き込み、読み取りするための磁気ヘッド、これを支持して磁気ディスクに対して位置を変える手段の位置決め装置、即ち、アクチュエータとボイスコイルモータ、及び装置内部を清浄に保つためのエアフィルタなどからなる。アクチュエータは、キャリッジとレール、軸受から成り、ボイスコイルモータはボイスコイル、マグネットからなる。これらの図では、同一の回転軸に8枚の磁気ディスクを取り付け、合計の記憶容量を大きくした例を示している。

【0110】本実施例によれば高保磁力媒体に対しても、高周波領域でも十分に記録可能であり、メディア転送速度15 MB/秒以上、記録周波数45 MHz 以上、磁気ディスク400rpm 以上のデータの高速転送、アクセス時間の短縮、記録容量の増大、異方性磁気抵抗効果を基礎として優れたMR効果を有する高感度のMRセンサが得られることから面記録密度として3 Gb/in² 以上との磁気ディスク装置が得られるものである。

【0111】そして、再生素子に媒体の漏洩磁界が印加されている状態で+25 mA程度の大きなバイアス電流による大きなバイアス磁界を印加すると、再生波形は元の状態に復帰した。このように媒体の漏洩磁界を印加した方が低いバイアス電流で回復するのは、再生素子にはバイアス磁界と媒体から漏洩する磁界との和である大きな磁界が印加されるからである。

【0112】(実施例13) 図1において、実施例1~12に記載の記録ヘッドと再生用のMRヘッドとが一体になった複合ヘッドを用い、再生用MRヘッド10の再生信号を再生アンプ53で増幅し、再生信号処理回路55に通して論理的に正しいかどうか判定する。誤りがあった場合には、複合ヘッドを一度、情報を記録するセクターとは別の専用のセクターに移動させ、再生用MRヘッド10に通常のセンス電流よりも大きな値の復帰電流を流しながら、記録用誘導型ヘッド20のコイル21に、記録電流発生回路54を駆動することで交流または直流の電流を印加する。その後、再生用MRヘッド10に流す電流を通常のセンス電流に戻す。以上の一連動作

33

を、一回または複数回行うように記録再生動作のコントローラ 56、定電流源 51、記録電流発生回路 54 をプログラミングした。

【0113】この場合、復帰電流値は 15mA 程度で効果があつた。よって復帰電流値を低くできるので、信頼性の点で有利であるが、専用のセクターにヘッドを移動させるため、若干のロスタイムが生じる。

【0114】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、媒体の漏洩磁界、記録素子の発生する記録磁界、再生素子に流れる電流によるバイアス磁界の大きさや方向を最適に制御することにより、再生波形変動による再生誤動作が起きた場合にも、再生波形を正常な状態に戻すことができるため、また再生波形変動を起こりにくくすることもできるため、誤動作の少ない磁気記録再生装置が得られる。

【0115】更に、本発明はディスク可換型の磁気ディスク装置、磁気テープ装置にも適用可能である。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の磁気記録装置の記録再生系回路部周辺 20 の概略構成を示すブロック図。

【図 2】本発明の一つの実施例であるハードディスク装置の概略図。

【図 3】本発明のハードディスク装置を構成するディスクの概略構成図。

【図 4】本発明のハードディスク装置を構成するヘッドの断面図。

【図 5】(A) は、本発明のハードディスク装置を構成する AMR 再生素子の媒体対向面、(B) 及び (C) は、(A) の AMR 再生素子の動作を示す上面の展開 30 図。

【図 6】(A) は、本発明のハードディスク装置を構成するデュアルストライプ AMR 再生素子の媒体対向面、(B) 及び (C) は、(A) のデュアルストライプ AMR 再生素子の動作を示す上面の展開図。

【図 7】(A) は、本発明のハードディスク装置を構成するスピバルブ型 GMR 再生素子の媒体対向面、

(B) 及び (C) は (A) のスピバルブ型 GMR 再生素子の動作を示す上面の展開図。

【図 8】(A) は本発明のハードディスク装置を構成する 40

34

デュアルスピバルブ型 GMR 再生素子の媒体対向面、(B) は (A) のデュアルスピバルブ型 GMR 再生素子の動作を示す上面の展開図。

【図 9】(A) は AMR 素子の正常な再生波形、(B) は AMR 素子の再生波形変動を起こした場合の再生波形、(C) は AMR 素子の回復後の再生波形を示した図。

【図 10】(A) - (D) は AMR 膜の磁化方向の測定結果を簡略に示した図。

【図 11】(A) - (F) は AMR 膜の磁化方向の測定結果を簡略に示した図。

【図 12】(A) はスピバルブ素子の再生波形変動を起こした場合の再生波形及び (B) はスピバルブ素子の正常な再生波形を示した図。

【図 13】(A) はスピバルブ素子における第二の強磁性膜の磁化方向の固定が十分な場合の特性を示す図及び (B) は第二の強磁性膜の磁化方向の固定が十分でない場合の特性を示す図。

【図 14】(A) - (D) は第二の強磁性膜の磁化方向の固定が十分な場合 (A) 及び (B) と、十分でない場合 (C) 及び (D) のスピバルブ素子に、記録磁界が正 (A) 及び (C) または負 (B) 及び (D) のときにそれぞれ印加される最大磁界を印加した後の特性を示す図。

【図 15】本発明の MR センサの部分断面図。

【図 16】本発明のインダクティブ型の記録ヘッドの断面図。

【図 17】本発明の磁気ヘッドの斜視図。

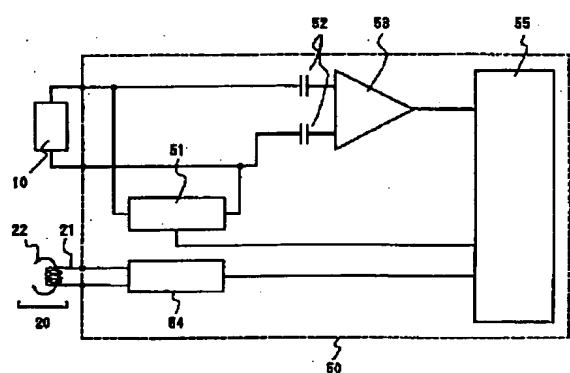
【図 18】本発明の負圧スライダの斜視図。

【図 19】本発明の磁気ディスク装置の全体図。

【符号の説明】

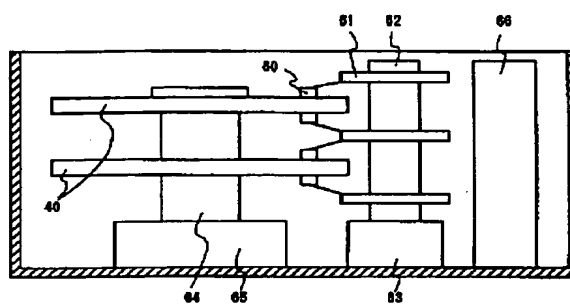
10...再生用 MR ヘッド、11...MR 膜、12...スペーサ、13...SAL、14...磁区制御層、15...電極、16...媒体対向面、17...MR ヘッドに流す電流、18...電流の作る磁界、20...記録用誘導型ヘッド、21...コイル、22...磁束を集めるための磁気コア、51...定電流源、52...コンデンサ、53...再生アンプ、54...記録電流発生電源、55...記録再生動作制御回路、56...記録再生動作コントローラ、111...MR 膜 11 の平均的な磁化方向、131...SAL13 の平均的な磁化方向。

【図 1】



【図 2】

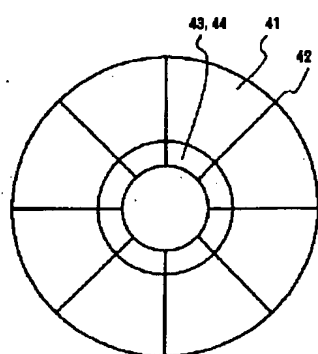
EX 2



【図 6】

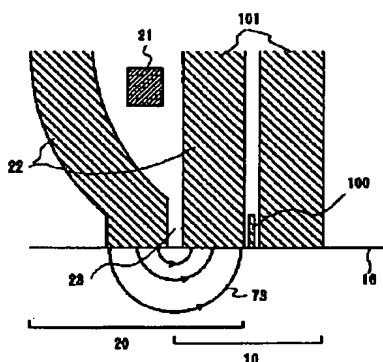
【図 3】

3

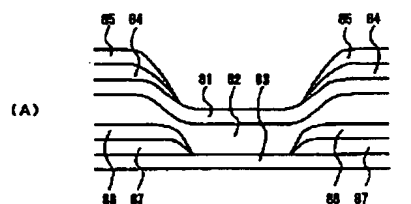


【図 4】

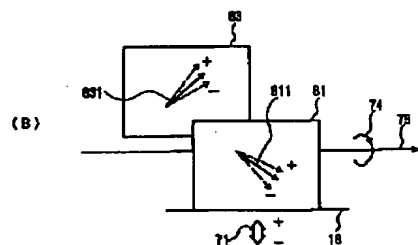
4



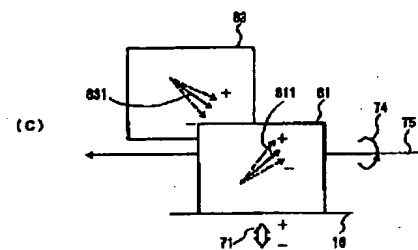
6



(A)



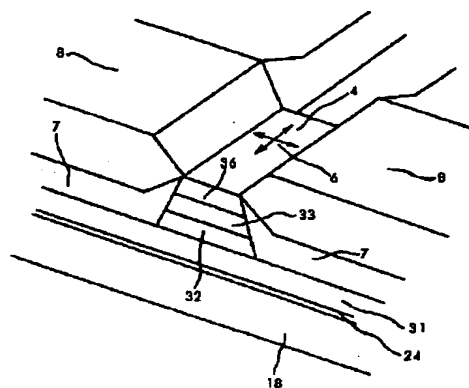
(B)



(c)

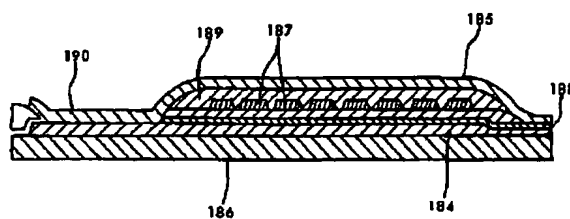
【图 15】

15



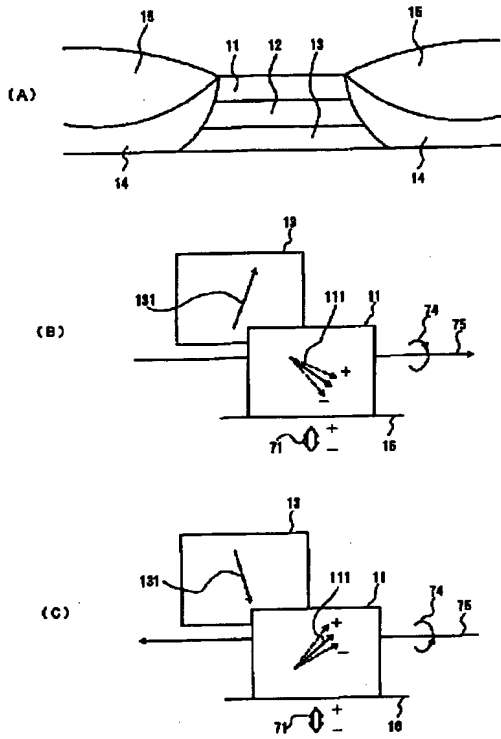
【図 16】

16



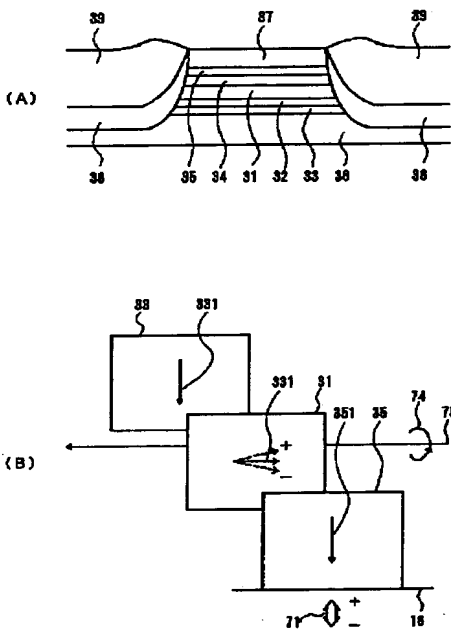
【図5】

図 5



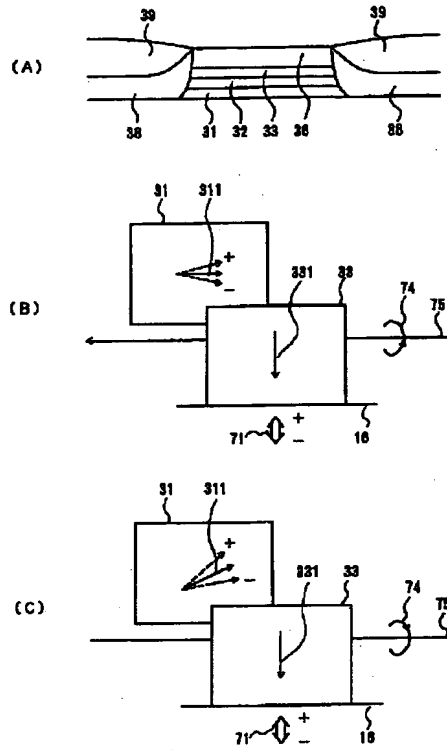
【図8】

図 8



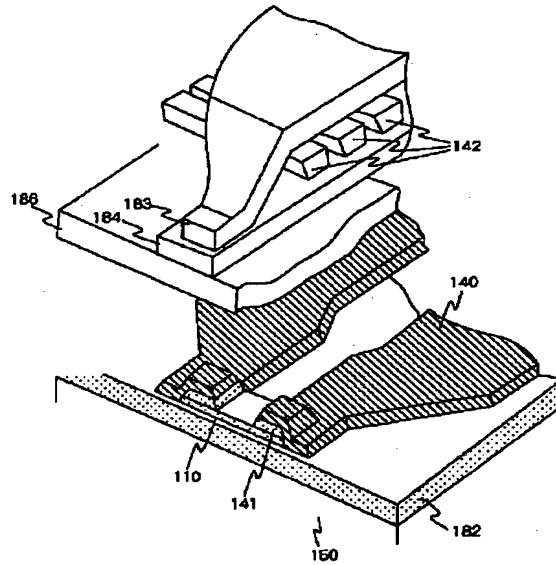
【図7】

図 7



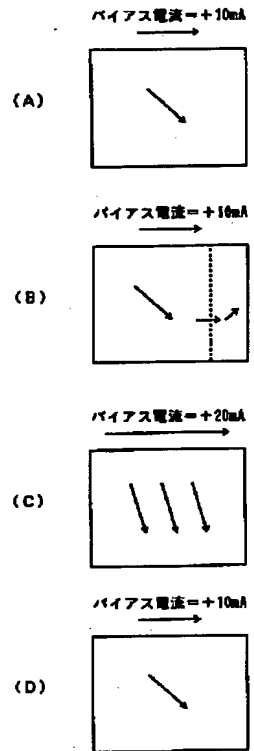
【図17】

図 17



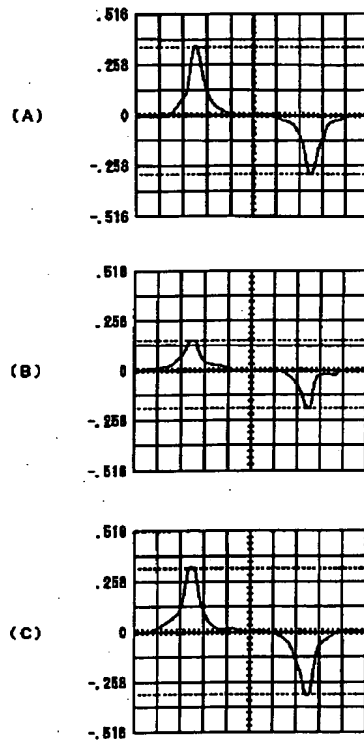
【図10】

図 10



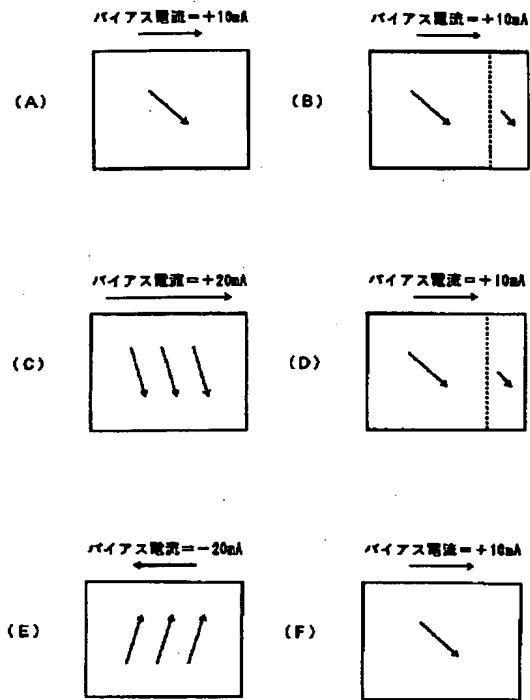
【図9】

図 9



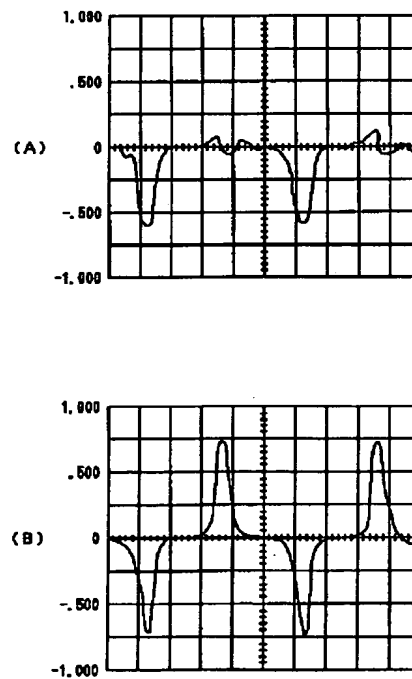
【図11】

図 11

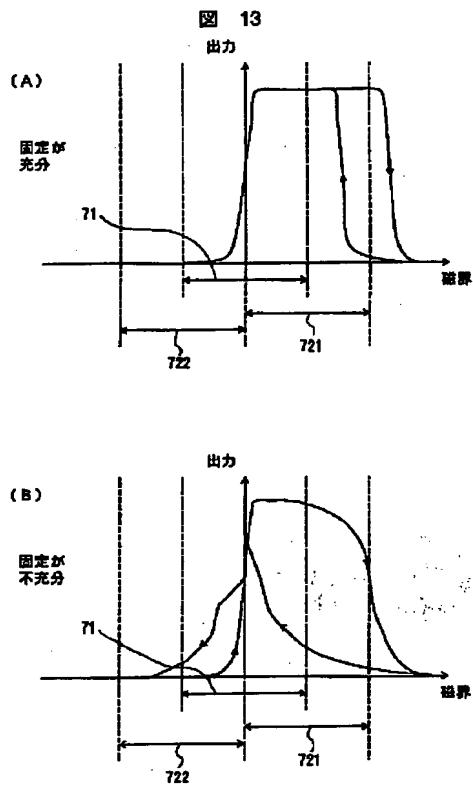


【図12】

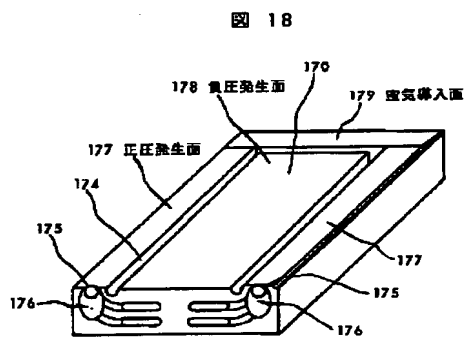
図 12



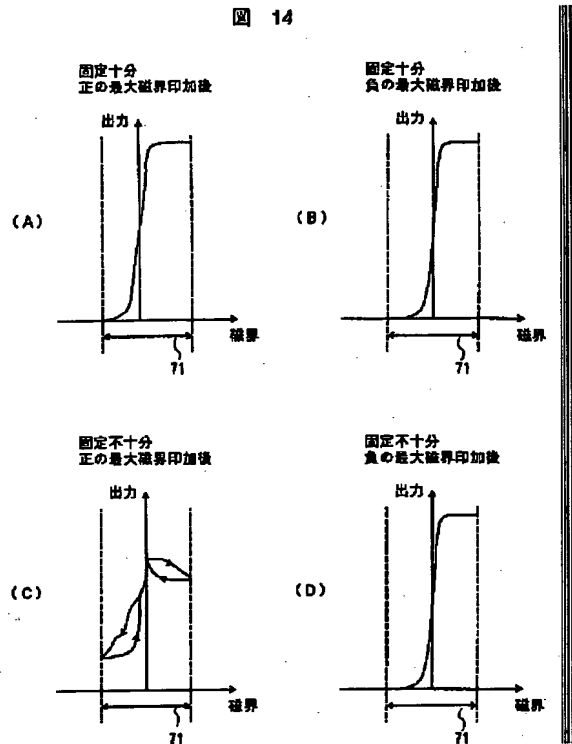
【図 13】



【図 18】

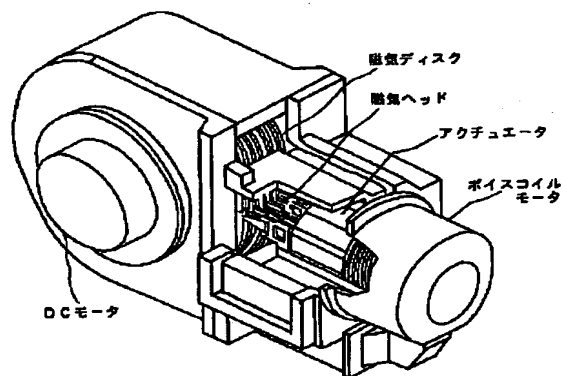


【図 14】



【図 19】

図 19



フロントページの続き

(72) 発明者 星屋 裕之
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
株式会社日立製作所中央研究所内